

## ELABORACIÓN DEL MAPA DE RUIDO DE OCIO DE LA CIUDAD DE MURCIA

## CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN.....	4	8.3.4.- PROPAGACIÓN DEL SONIDO .....	28
2.- NORMATIVA .....	4	8.3.5.- ORDEN DE REFLEXIÓN .....	28
3.- METODOLOGÍA.....	5	8.3.6.- PARÁMETROS DE EVALUACIÓN .....	28
4.- ÁREA DE ESTUDIO .....	5	8.3.7.- MALLA DE CÁLCULO.....	28
5.- INVENTARIO FUENTES DE RUIDO .....	7	8.3.8.- EVALUACIÓN DE FACHADAS DE EDIFICIOS .....	28
5.1.- FUENTES LINEALES.....	7	8.4.- CONSIDERACIONES ACERCA DE LA INTERFERENCIA DE OTROS TIPOS DE RUIDO DISTINTOS A LOS PROCEDENTES DEL OCIO .....	29
5.2.- FUENTES SUPERFICIALES.....	7	8.4.1.- CORRECCIONES POR LIMPIEZA VIARIA.....	30
6.- MEDIDAS ACÚSTICAS.....	9	8.4.2.- CORRECCIONES POR RUIDO DE TRÁFICO.....	30
6.1.- MONITORIZACIÓN ACÚSTICA. MEDIDAS DE LARGA DURACIÓN.....	9	8.5.- CALIBRACIÓN DEL MODELO .....	32
6.2.- MEDIDAS CORTA DURACIÓN.....	12	8.5.1.- CONSIDERACIONES ACERCA DE LA CARACTERIZACIÓN Y PROCESADO DE RECEPTORES.....	32
7.- CUANTIFICACIÓN DE FUENTES ACÚSTICAS .....	15	9.- OBJETIVOS CALIDAD ACÚSTICA Y AFECCIÓN.....	35
8.- MODELO ACÚSTICO .....	22	9.1.- LÍMITES DE REFERENCIA.....	35
8.1.- CONSTRUCCIÓN DEL MODELO GEOMÉTRICO. ....	22	9.2.- METODOLOGÍA PARA ELABORAR LA POBLACIÓN AFECTADA.....	36
8.1.1.- INCORPORACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA .....	22	9.2.1.- MÉTODO END.....	37
8.1.2.- INCORPORACIÓN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS QUE INTERVIENEN EN LA PROPAGACIÓN.....	23	9.2.2.- MÉTODO CNOSSOS-EU.....	38
8.2.- INCORPORACIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO .....	23	10.- ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	39
8.2.1.- ALTURA DE LAS FUENTES.....	23	10.1.- MONITORIZACIÓN ACÚSTICA. MEDIDAS DE LARGA DURACIÓN .....	39
8.2.2.- DENSIDAD DE EMISORES PUNTUALES EN CADA FUENTE.....	24	10.2.- MAPAS DE RUIDO. ....	40
8.2.3.- CARACTERIZACIÓN DEL ESPECTRO MEDIO DE EMISIÓN POR PERIODO DE CADA FUENTE.....	24	10.2.1.- mapas de isófonas.....	40
8.2.4.- TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS FUENTES DE RUIDO.....	26	10.2.2.- mapas de exposición .....	41
8.3.- CONFIGURACIÓN DEL CÁLCULO.....	27	10.3.- POBLACIÓN AFECTADA.....	42
8.3.1.- INCORPORACIÓN DE ÁREAS DE ABSORCIÓN DEL SUELO .....	28	10.3.1.- ZONA 1. Pérez Casas – Alfonso X – Santa Ana.....	43
8.3.2.- CONDICIONES DE PROPAGACIÓN DE RUIDO FAVORABLE.....	28	10.3.2.- ZONA 3. Enrique Villar – San Ignacio de Loyola.....	44
8.3.3.- CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....	28	10.3.3.- ZONA 4 – Plaza Universidad.....	45
		10.3.4.- ZONA 5 – San Lorenzo – Santa Eulalia .....	46
		10.3.5.- ZONA 7 – San Juan – Cristo del Rescate .....	47
		10.3.6.- ZONA 12 – Pza. Flores – Santa Catalina .....	48

10.3.7.- POBLACIÓN AFECTADA TOTAL .....	49
10.4.- CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA .....	50
10.4.1.- CUMPLIMIENTO DEL APARTADO A) DEL ARTÍCULO 15 .....	50
10.4.2.- CUMPLIMIENTO DEL APARTADO B) DEL ARTÍCULO 15 .....	50
11.- CONCLUSIONES.....	52
ANEXOS .....	53
A.1. POTENCIA ACÚSTICA DE LAS FUENTES.....	53
A.2. CALIBRACIÓN DE LOS MODELOS .....	53
A.3. ESTACIONES DE MONITORIZACIÓN .....	53
A.4. MEDIDAS DE CORTA DURACIÓN .....	53
A.5. PLANOS.....	53
A.5.1. ÁREA ESTUDIO.....	53
A.5.2. LOCALIZACIÓN DE FUENTES SUPERFICIALES.....	53
A.5.3. LOCALIZACIÓN DE FUENTES LINEALES.....	53
A.5.4. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE MONITORIZACIÓN.....	53
A.5.5. MAPAS DE NIVELES ACÚSTICOS .....	53
A.5.6. MAPAS DE EXPOSICIÓN EN FACHADA.....	53
A.6. CERTIFICADOS EQUIPOS.....	53

## 1.- INTRODUCCIÓN

---

El Excelentísimo Ayuntamiento de Murcia por acuerdo de la Junta de Gobierno de fecha 24/06/2016, adjudica a **Sincosur Ingeniería sostenible S.L.** la "Elaboración del Mapa de Ruido de Ocio de la Ciudad de Murcia", formalizándose mediante contrato de fecha 12/06/2016. No obstante, con motivo del inicio del periodo estival, y ante la poca representatividad de las medidas durante ese periodo, se opta por suspender el mismo hasta el 30/09/2016 por acuerdo de Junta de Gobierno de fecha 15/06/2016.

El servicio de elaboración del Mapa de Ruido del Ocio tiene por objeto la *realización de medidas de ruido en determinados puntos del municipio, el análisis y tratamiento de los datos obtenidos, y la elaboración de la cartografía acústica asociada al ruido de actividades de ocio*, con el fin de que el Ayuntamiento de Murcia, y en concreto el Servicio de Medio Ambiente, pueda conocer y gestionar los niveles sonoros producidos por la fuente a analizar, de acuerdo con lo establecido en la *Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido*, y su normativa de desarrollo<sup>1</sup>, así como dar cumplimiento a la Disposición Final de la *Ordenanza de Protección del Medio Ambiente contra la emisión de Ruidos y Vibraciones del municipio de Murcia* de 24 de noviembre de 2014, según la cuál, el Ayuntamiento de Murcia elaborará los mapas de ocio de las zonas de Especial Protección Medioambiental de la antigua Ordenanza de Ruidos, así como de las zonas en las que se detecten problemas de ruido por esta causa, a los efectos de elaborar los correspondientes Planes Zonales Específicos y declarar las Zonas de Protección Acústica Especial del municipio adaptadas a la nueva normativa.

De acuerdo al pliego de condiciones en su Apartado 2.1 el presente documento se conforma como la memoria global de resultados del Mapa de Ruido de Ocio (MRO).

<sup>1</sup> *Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, y Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre,*

## 2.- NORMATIVA

---

La normativa tenida en cuenta para la ejecución de los trabajos ha sido:

- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido y sus desarrollos reglamentarios:
  - Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
  - Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
  - Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Ordenanza de Protección del Medio Ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones de la Ciudad de Murcia de 24 de noviembre de 2014 (**BORM nº 282, de 09/12/2014**).

*por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas*

### 3.- METODOLOGÍA

---

Para la evaluación de los niveles sonoros derivados de la actividad del ocio en la ciudad de Murcia se han realizado los siguientes trabajos:

- Definición de la zona de estudio.
- Inventario de fuentes de ruido de ocio.
- Campaña de Medidas:
  - o Medidas de larga duración.
  - o Medidas de corta duración.
- Tratamiento de datos
- Modelización acústica mediante software de predicción acústica.
- Elaboración de los Mapas de Isófonas asociados al Ocio.
- Análisis del cumplimiento de los objetivos de calidad acústica
- Determinación de la población afectada.
- Propuesta de delimitación de Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAE).

### 4.- ÁREA DE ESTUDIO

---

En el presente documento se estudia el ámbito de las Zonas de Especial Protección Medio Ambiental nº1, nº 3, nº4, nº5, tal y como se definieron en la anterior Ordenanza de Protección del Medio Ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones, que comprenden el entorno de las siguientes calles:

- **ZEPMA nº1:** Plaza Captesa, Avenida Alfonso X El Sabio y calle Bartolomé Pérez Casas.
- **ZEPMA nº3:** calle Enrique Villar, calle Pintores Murcianos, calle San Ignacio de Loyola, calle Santa Ana, calle Caravija y travesía San Roque.
- **ZEPMA nº4:** Calle Puerta Nueva, calle Doctor José Tapia Sanz; calle San Martín de Porres, calle Antonio Puig, calle Jacobo de las Leyes, calle Antonio Garrido, Plaza Universidad, calle Pintores Murcianos.
- **ZEPMA nº5:** calle Andrés Baquero, calle Granero, calle Saavedra fajardo, Plaza Beato Andrés Hibernón, calle Doctor Fleming, calle Santa Rosalía, calle Torreta, calle Victorio, calle Sardoy, Plaza Sardoy, calle San Carlos, calle Selgas, calle Trinidad, calle Santa Quiteria, calle Siervas de Jesús, calle Luisa Aledo, calle Agüera, calle Balsas, calle Vara de Rey, calle Mesegueres, calle Horno, Plaza de las Balsas, calle de Paco, calle Mariano Vergara, calle Rambla y calle San Antonio.

Además de estas cuatro zonas ZEPMA se estudian otras dos zonas más en base al análisis previo realizado por el Servicio de Medio Ambiente, que comprenden:

- El **entorno de la Plaza San Juan y calle Simón García** (denominada Zona 7, a efectos de realización del estudio), incluyendo las siguientes calles: calle Sancho, calle Cánovas del Castillo, calle Soledad, calle Mariano Padilla, calle

Simón García, calle San José, Plaza Cristo del Rescate, Plaza San Juan, calle Estrella, calle Tahona y calle General Margallo.

- El **entorno de la Plaza Las Flores y Plaza Santa Catalina** (denominada Zona 12, a efectos de realización del estudio). Comprende las siguientes calles: calle Riquelme, calle San Pedro, Plaza San Pedro, calle Arzobispo Simón López, calle San Joaquín, calle Pascual, Plaza de las Flores, calle Ruipérez, calle Gavacha, calle Jiménez Baeza, calle Santa Isabel, calle Marquesa y Plaza Santa Catalina.

A continuación se muestra una imagen satélite en la que se limitan de manera aproximada las **6 zonas a estudiar** y una tabla con la subdivisión zonal realizada y su nomenclatura en la memoria:

Zonas de estudio	Nomenclatura estudio
Entorno Alfonso X	Zona 1
Entorno Enrique Villar	Zona 3
Entorno Plaza Universidad	Zona 4
Entorno Saavedra Fajardo	Zona 5
Entorno de la Plaza San Juan	Zona 7
Entorno de la Plaza Las Flores	Zona 12

Tabla 1: Nomenclatura zonas de estudio

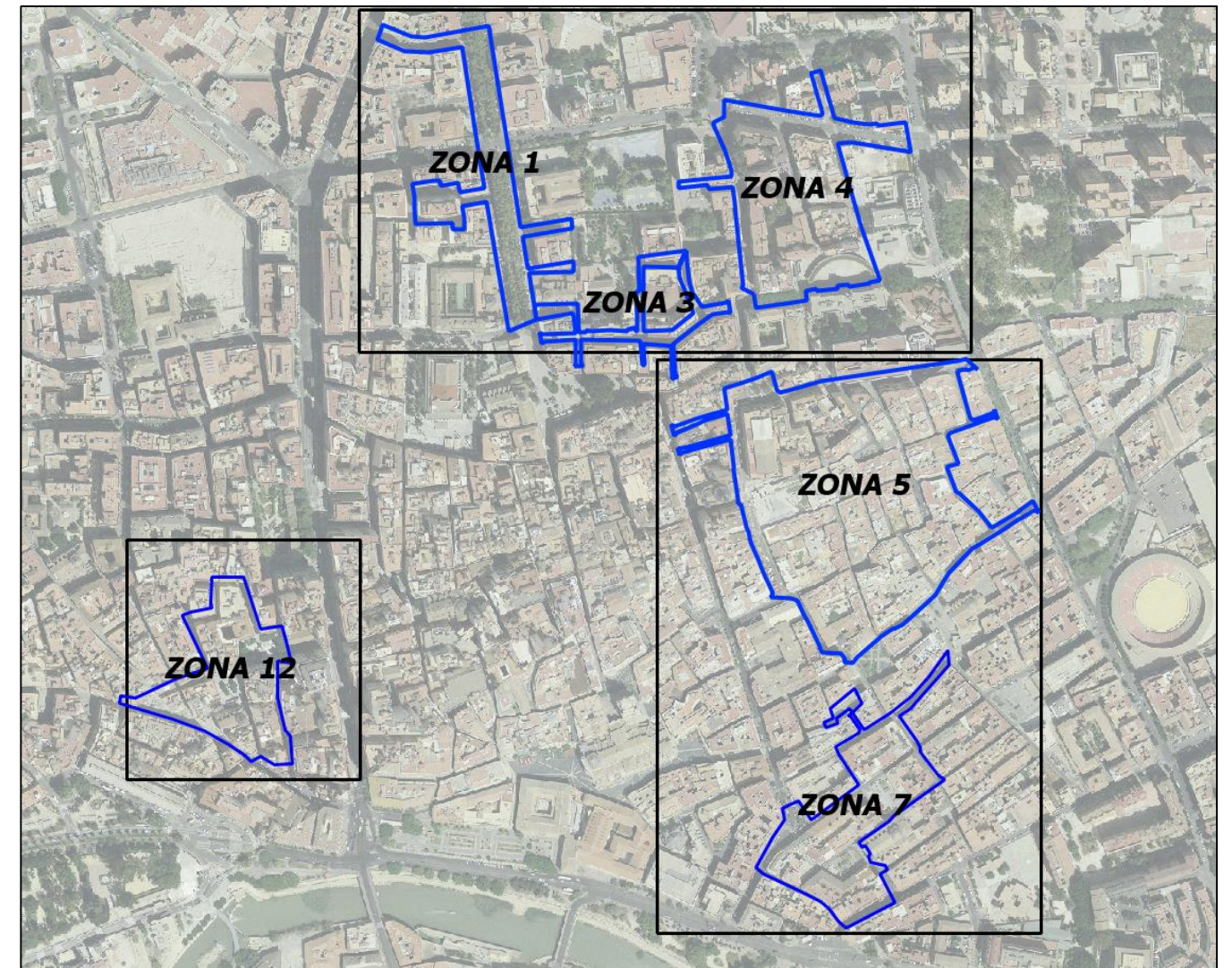


Imagen 1: Ámbito de estudio y división por zonas

## 5.- INVENTARIO FUENTES DE RUIDO

Se han caracterizado dos tipos de fuentes de acuerdo al método de modelización aplicado (ISO 9613-2) y a la tipología de fuentes encontradas:

### 5.1.- FUENTES LINEALES

Esta tipología de fuentes ha sido asociada al ruido de ocio ocasionado por la concentración de personas en la vía pública que no corresponden a terrazas y/o veladores, así como movimientos de personas de un lugar a otro.

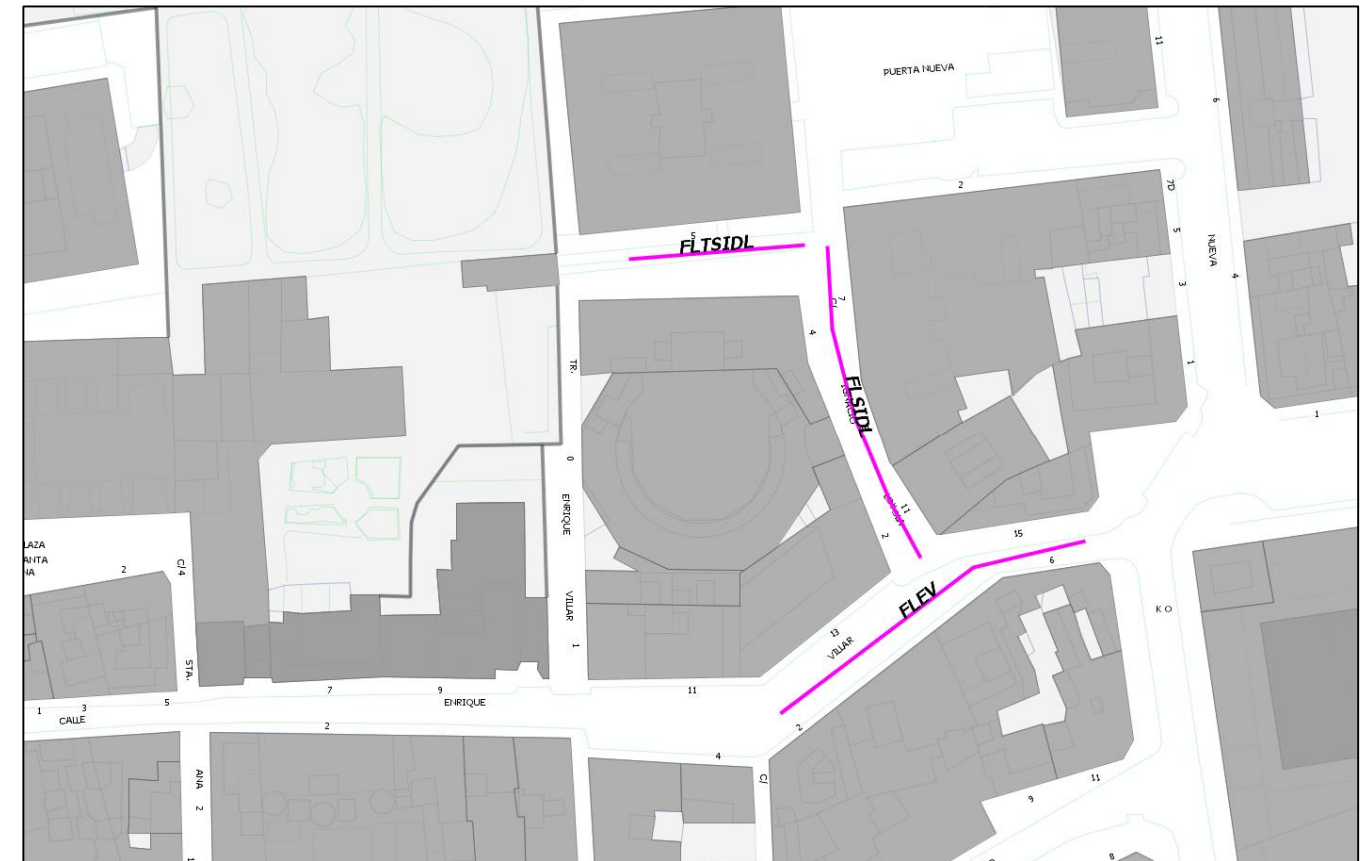
Se han inventariado un total de **17 fuentes lineales** caracterizadas mediante mediciones de corta duración en situación de actividad. En el Anexo A.1 se incorporan las fichas de todas las fuentes lineales inventariadas, incluyendo su cuantificación acústica de acuerdo con el procedimiento que se explica posteriormente en el apartado 7 de este estudio.

A continuación se muestra una imagen de una fuente de tipología lineal:



*Imagen 2: Fuente Lineal en c/ Enrique Villar*

Se presenta a continuación a modo de ejemplo, la distribución de dichas fuentes para la zona 3. En el anexo A.5 se presentan los planos de localización del total de fuentes lineales inventariadas:



*Imagen 3: Determinación fuentes lineales en el entorno de la c/ Enrique Villar*

### 5.2.- FUENTES SUPERFICIALES

Esta tipología de fuentes ha sido asociada al ruido de ocio ocasionado por la concentración de personas en terrazas y veladores en la vía pública.

Para las situaciones "mixtas", en las que se da el caso de mezcla de terrazas y veladores con personas de pie incorporadas a su alrededor, se ha optado por caracterizar el conjunto como Fuentes Superficiales.

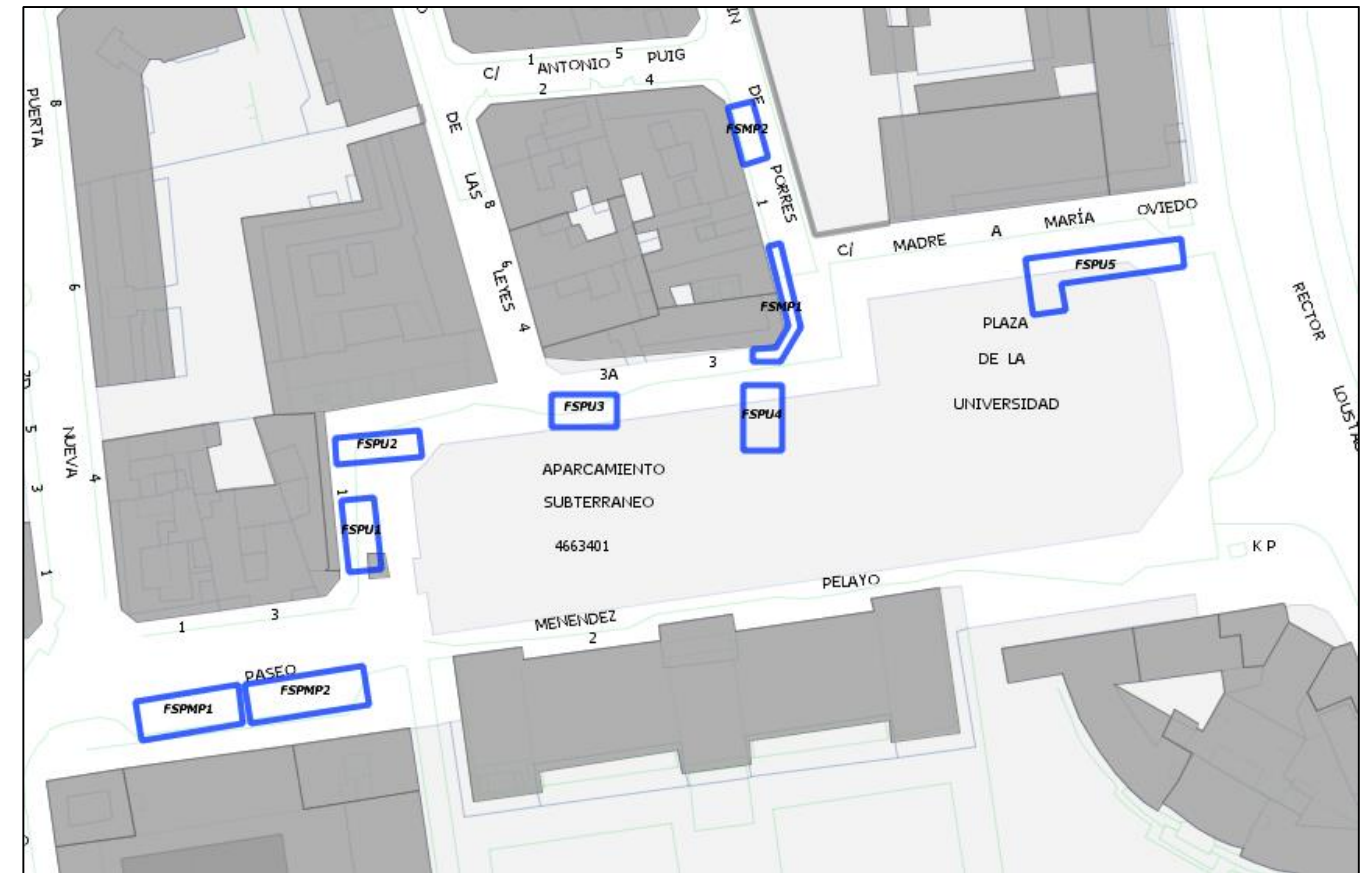
Se han inventariado un total de **60 fuentes superficiales** caracterizadas mediante mediciones de corta duración en situación de actividad. En el Anexo A.1 se encuentra las fichas de todas las fuentes superficiales inventariadas.

A continuación se muestra una imagen de una fuente de tipología superficial:



*Imagen 4: Fuente Superficial en Plaza de la Universidad*

Se presenta a continuación a modo de ejemplo, la distribución de dichas fuentes para la zona 4 – Plaza de la Universidad. En el anexo A.5 se presentan los planos de localización del total de fuentes superficiales inventariadas, incluyendo el número de sillas y mesas que corresponden a cada una, según el recuento realizado en trabajo de campo.



*Imagen 5: Inventario fuentes superficiales en el entorno de la Plaza de la Universidad*



## 6.- MEDIDAS ACÚSTICAS

### 6.1.- MONITORIZACIÓN ACÚSTICA. MEDIDAS DE LARGA DURACIÓN.

El nivel sonoro de un territorio varía en función de las actividades que sobre la zona se desarrollan. Mediante el análisis a largo plazo del registro sonoro se pueden observar comportamientos periódicos en las variaciones acústicas. Con respecto al ruido generado por las actividades de ocio ocurre de forma similar, siendo más pronunciado en los días festivos y vísperas, si bien implica cierta complejidad diferenciar, a través de dicho análisis, entre las distintas fuentes emisoras (tráfico, ocio, limpieza, etc...), dado que las estaciones no pueden a priori discriminar entre los distintos tipos. Debido a esto, de forma paralela a la monitorización a largo plazo, es necesaria la realización de medidas de corta duración para la caracterización de los distintos tipos de fuentes y receptores, sin interferencia de otros emisores acústicos, así como la recopilación de datos acústicos de otras fuentes y elaboración de otra tipología de modelos, como por ejemplo, el de ruido de tráfico.



Imagen 6: Estación de Monitorización acústica de larga duración utilizada en los trabajos

La realización de medidas de larga duración mediante estaciones de monitorización nos ha permitido caracterizar acústicamente durante un mínimo de TRES SEMANAS un total de **20 ubicaciones** en las zonas objeto de estudio:

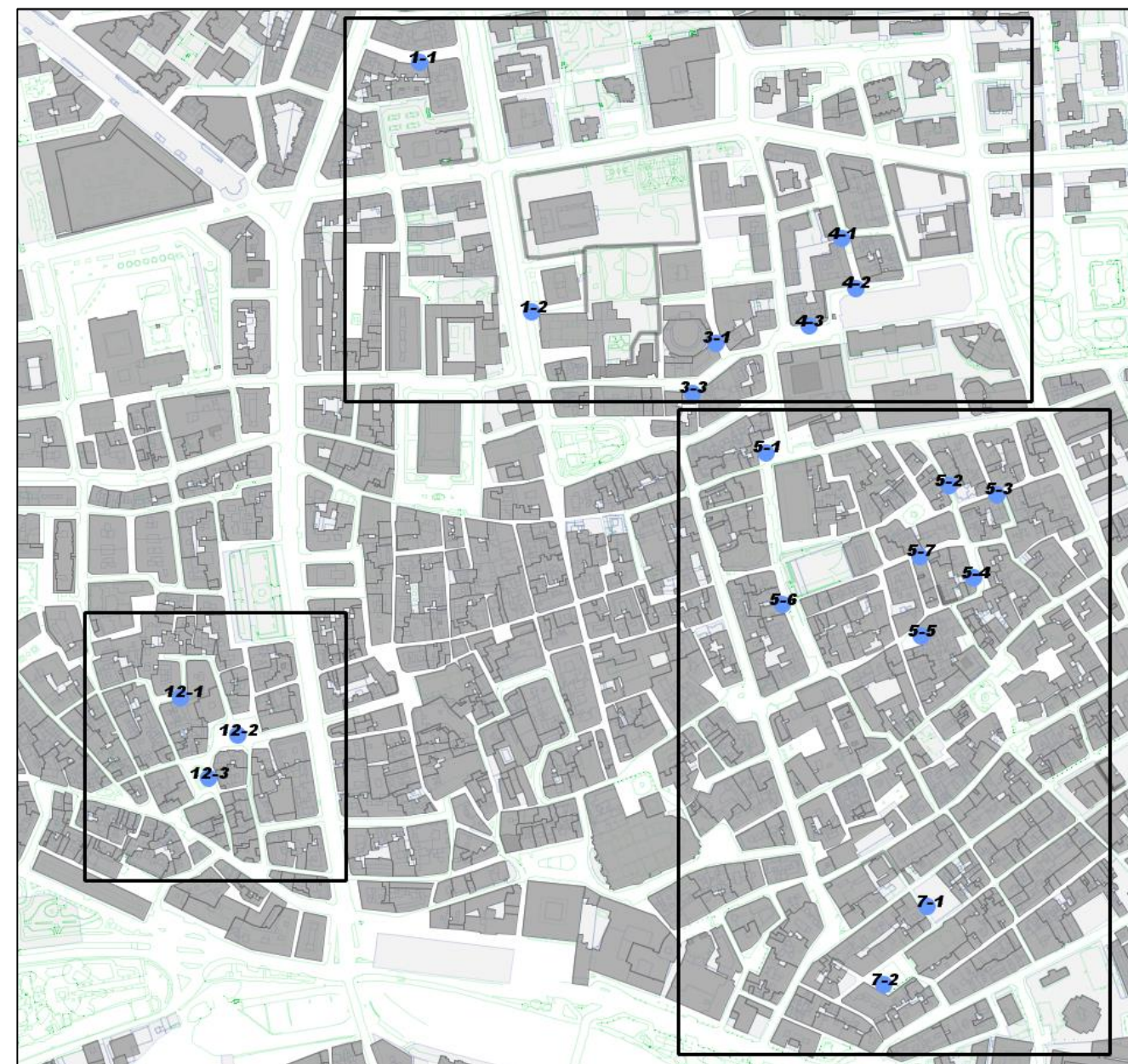


Imagen 7: Plano de Ubicación de Estaciones de Monitorización

Las estaciones se han ubicado a una altura de 4m, de acuerdo con lo establecido en el Anexo II del RD 1513/2005 en lo que respecta a la altura de referencia para los Objetivos de Calidad Acústica. Los sonómetros incorporados a cada estación son de tipo 1/clase 1, cumpliendo con los requisitos descritos en las normas UNE-EN-

60651:1996 y UNE-EN-60651A1:1997 (sonómetros convencionales), así como con la UNE-20942:1994 para el calibrador utilizado, y todos se encuentran dentro del período de vigencia de la verificación periódica reglamentaria (según la Orden ITC/2485/2007 por la que se regula el Control Metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos). En el Anexo 6 se incorporan los certificados de calibración/verificación correspondientes.

La realización de medidas de larga duración mediante estaciones de monitorización nos ha permitido caracterizar acústicamente durante un mínimo de TRES SEMANAS un total de **20 ubicaciones** en las zonas objeto de estudio.

Se han instalado estaciones de monitorización acústica tipo 1/clase 1<sup>2</sup> como la mostrada en la imagen anterior, dotadas de sensores meteorológicos con capacidad para registrar cada minuto los siguientes parámetros:

- Temperatura
- Humedad
- Velocidad y dirección del viento
- Nivel de presión sonora

A continuación se muestra una relación de cada una de las estaciones con el periodo de medida y los parámetros ambientales registrados:

ESTACIÓN	UBICACIÓN	PERIODO DE MEDIDA		PARÁMETROS AMBIENTALES			
		Inicio	Fin	T (°C)	H (%)	m/s	dBA
1.1	Bartolomé Pérez Casas	20-12-16	03-02-17	Sí	Sí	Sí	Sí

<sup>2</sup> Artículo 30 del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, según disposiciones establecidas en Orden del Ministerio de Fomento, de 25 de septiembre de 2007, por la que se regula

ESTACIÓN	UBICACIÓN	PERIODO DE MEDIDA		PARÁMETROS AMBIENTALES			
		Inicio	Fin	T (°C)	H (%)	m/s	dBA
1.2	Alfonso X	15-11-16	20-12-16	Sí	Sí	Sí	Sí
3.1	San Ignacio de Loyola	03-02-17	14-03-17	Sí	Sí	Sí	Sí
3.3	Enrique Villar	14-02-17	14-03-17	Sí	Sí	Sí	Sí
4.1	Jacobo de Las Leyes	20-12-16	20-01-17	Sí	Sí	Sí	Sí
4.2	Plaza Universidad	15-11-16	20-12-16	Sí	Sí	Sí	Sí
4.3	Paseo Menéndez Pelayo	09-12-16	15-01-17	Sí	Sí	Sí	Sí
5.1	Beato Andrés Hibernón	29-11-16	20-12-16	Sí	Sí	Sí	Sí
5.2	Victorio	15-03-17	23-04-17	Sí	Sí	Sí	Sí
5.3	Trinidad	28-03-17	23-04-17	Sí	Sí	Sí	Sí
5.4	Victorio	28-03-17	23-04-17	Sí	Sí	Sí	Sí
5.5	Plaza Balsas	28-02-17	28-03-17	Sí	Sí	Sí	Sí
5.6	Saavedra Fajardo	23-02-17	28-03-17	Sí	Sí	Sí	Sí
5.7	Santa Quiteria	23/02/17	28/03/17	Sí	Sí	Sí	Sí
7.1	Simón García	20-01-17	14-02-17	Sí	Sí	Sí	Sí
7.2	Plaza San Juan	20-12-16	27-01-17	Sí	Sí	Sí	Sí
12.1	Gavacha	27-01-17	23-02-17	Sí	Sí	Sí	Sí
12.2	Plaza Santa Catalina	27-01-17	23-02-17	Sí	Sí	Sí	Sí
12.3	Plaza Las Flores	27-01-17	28-02-17	Sí	Sí	Sí	Sí
13.1	Puerta Nueva	15-03-17	24-04-17	Sí	Sí	Sí	Sí

Tabla 2: Resumen parámetros Estaciones de Monitorización

Para todos los datos registrados se han desestimado aquellos obtenidos en condiciones de lluvia intensa (humedad > 90%) y viento superior a 5 m/s, de acuerdo a la normativa vigente.

el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos.

Con anterioridad a la eliminación de los datos no válidos por condiciones climatológicas adversas se ha realizado una comprobación a partir de los datos registrados en la estación Murcia – Puente tocinos (Fuente meteomurcia.com).

Existen estaciones que han estado en funcionamiento más de tres semanas por diferentes causas, a continuación se muestran la relación de las estaciones con el número de semanas que ha estado midiendo y las incidencias registradas que justifican la ampliación del periodo de registro.

ESTACIÓN	UBICACIÓN	SEMANAS	INCIDENCIAS
1.1	Bartolomé Pérez Casas	6	Desde el 20/12 al 27/01 fallos aleatorios de registro, el 27/01 se repara la estación y se deja en funcionamiento Se deja en funcionamiento el periodo de Navidad y hasta el 03/02 para obtención de un mayor registro
1.2	Alfonso X	5	El 29/11 se cambia el software porque el registro de algunos parámetros se mantenía constante
3.1	San Ignacio de Loyola	5	Sin fallos, se dejó más tiempo para obtener un mayor número de registros
3.3	Enrique Villar	4	Sin fallos, se dejó más tiempo para obtener un mayor número de registros
4.1	Jacobo de Las Leyes	4	Periodo de Navidad
4.2	Plaza Universidad	5	El 29/11 se cambia el software porque el registro de algunos parámetros se mantenía constante
4.3	Pº Menéndez Pelayo	5	El 29/11 se cambia el software porque el registro de algunos parámetros se mantenía constante, posteriormente da un nuevo fallo el 30/11
5.1	Beato Andrés Hibernón	3	Sin problemas
5.2	Victorio	5	Se deja más tiempo por planificación y obtención de un mayor registro

ESTACIÓN	UBICACIÓN	SEMANAS	INCIDENCIAS
5.3	Trinidad	4	Se deja más tiempo por planificación y obtención de un mayor registro
5.4	Victorio	4	Se deja más tiempo por planificación y obtención de un mayor registro
5.5	Plaza Balsas	4	Se deja más tiempo por planificación y obtención de un mayor registro
5.6	Saavedra Fajardo	4	Se deja más tiempo por planificación y obtención de un mayor registro
5.7	Santa Quiteria	4	Se deja más tiempo por planificación y obtención de un mayor registro
7.1	Simón García	3	Sin problemas
7.2	Plaza San Juan	5	El 13/01 fallo en la batería, se cambia.
12.1	Gavacha	4	Se deja más tiempo por planificación y obtención de un mayor registro
12.2	Plaza Santa Catalina	7	Se observa avería, se arregla el 27/01
12.3	Plaza Las Flores	4	Avería entre el 14/02 y el 16/02
13.1	Puerta Nueva	6	Se deja mayor tiempo por cuestiones de logística

Tabla 3: Incidencias registradas en cada una de las Estaciones de Monitorización

En el anexo A.5, apartado A.5.4 se presentan los planos de localización de las estaciones de monitorización acústica.

En aquellas calles donde se ha instalado la estación y existe ruido de tráfico, la monitorización en continuo se ha realizado con interferencias por ruido de tráfico, si bien se ha procedido posteriormente a evaluar el mismo mediante modelización acústica.

Una vez obtenidos los datos, y desestimados aquellos que por condiciones meteorológicas, situaciones especiales<sup>3</sup> o incidencias registradas no se han considerado válidos, se han procesado para obtener gráficas de evolución semanal

<sup>3</sup> Se ha procedido a desestimar las mediciones obtenidas durante aquellos días que, por sus condiciones acústicas excepcionales, no se deben considerar para la elaboración de índices acústicos a largo plazo (Ld, Le y Ln).

Concretamente, se han desestimado los valores obtenidos los días 24, 25, 30 y 31/12/2016, 01/01/2017 y 18/04/2017 (Bando de la Huerta).

media y evolución diaria media (para cada día de la semana), así como evolución durante 24h (*'día tipo'*) resultado de promediar las medidas minutas realizadas durante todo el tiempo de funcionamiento de la estación, tal y como se desarrollará en el *apartado 10 - Resultados*, cuyos datos se muestran en el Anexo A.3 del presente estudio.

## 6.2.- MEDIDAS CORTA DURACIÓN

Las medidas de corta duración se han realizado conforme a los procedimientos establecidos en el Anexo IV del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Para efectuar las medidas se ha usado un sonómetro tipo 1/clase 1 que cumple con los requisitos descritos en las normas UNE-EN-60651:1996 y UNE-EN-60651A1:1997 (sonómetros convencionales), UNE-EN-60804:1996 y UNE-EN-60804A2:1997 (sonómetros integradores-promediadores). El calibrador a utilizar cumple con la UNE-20942:1994.

Tanto el sonómetro como el calibrador acústico de tipo 1/clase 1<sup>4</sup> se encuentran dentro del período de vigencia de la verificación periódica reglamentaria (según la Orden ITC/2485/2007 por la que se regula el Control Metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos). En el Anexo 6 se presentan los certificados de calibración /verificación tanto de los sonómetros como de los calibradores utilizados en la realización de las mediciones acústicas de corta duración.

El diseño de la campaña y la ejecución de las medidas se han realizado conforme a las siguientes normas y artículos:

- ISO 1996-1:2003: Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – part 1: Basic quantities and assessment procedures
- ISO 1996-2:2007 Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – part 2: Determination of environmental noise levels
- Anexo IV del Real Decreto 1367/2007 de 19 de octubre (BOE, nº 254, de 23 de octubre de 2007).

Las medidas se han tomado a una altura de 1,5 metros, sobre el nivel del suelo, de acuerdo a lo expuesto en el Anexo I.3 del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental. Posteriormente, en el proceso de cálculo y modelización se ha procedido al cálculo de receptores e isófonas a 4m.

En total se han realizado **3600 mediciones** itinerantes de corta duración, de una duración mínima de 5 segundos, distribuidas de la siguiente forma:

- **466 mediciones** para la caracterización de fuentes lineales y de área, tomadas junto a dichas fuentes en situaciones de alta actividad.
- **2920 mediciones** para caracterización de receptores, tomadas a varias distancias de las fuentes con el fin de estudiar la atenuación y proceder a la calibración del modelo acústico.
- **214 mediciones** para la delimitación de las zonas de ocio, mediante identificación de ruido de fondo no procedente de actividades de ocio.

<sup>4</sup> Requisitos de instrumentos de medida para trabajos de evaluación del ruido según artículo 30 del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, de Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Los resultados de todas las medidas acústicas con las condiciones meteorológicas con las que se han realizado dichas medidas se muestran en el anexo A.4.

En el anexo A.5, apartados A.5.2 y A.5.3 se presentan los planos de localización de las medidas acústicas para fuentes superficiales y para lineales respectivamente, de las que a continuación se muestran ejemplos:



Imagen 8: Localización medidas caracterización Fuentes Superficiales en zona Plaza de la Universidad

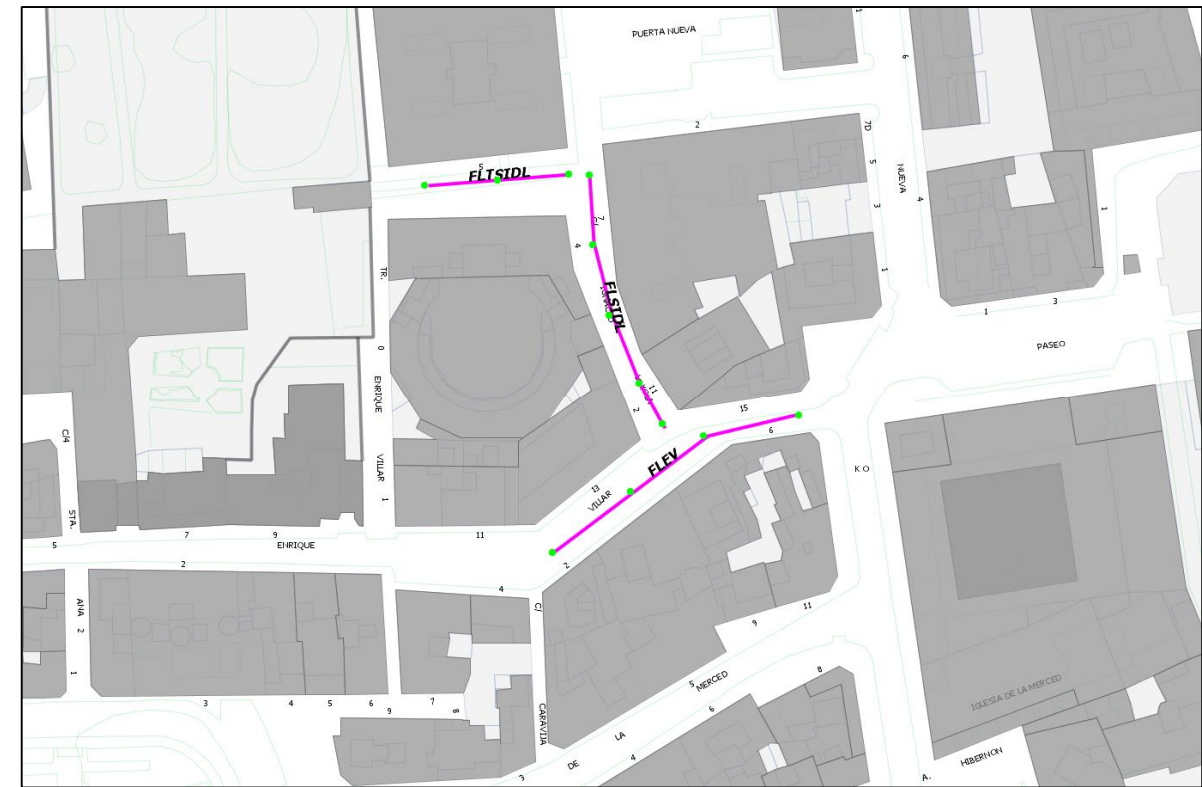


Imagen 9: Localización medidas caracterización Fuentes Lineales en zona c/ Enrique Villar



Imagen 10: Localización medidas caracterización Receptores en zona San Lorenzo



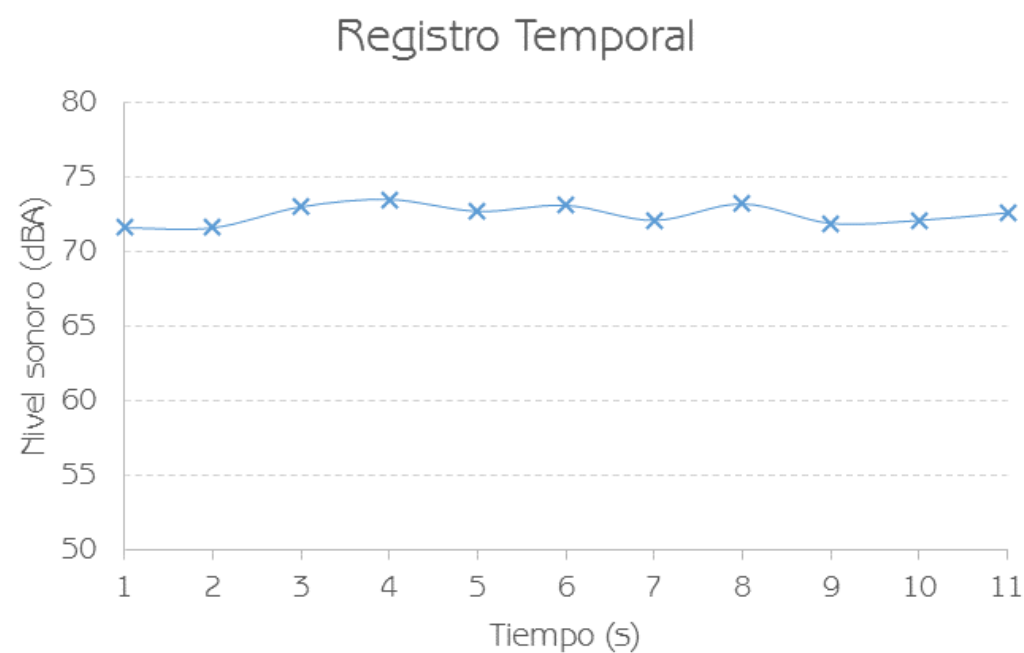
Las mediciones de corta duración de caracterización de las fuentes de ruidos, tanto superficiales como lineales y receptores, se han realizado en ausencia de tráfico de vehículos, con el fin de eliminar esta fuente del estudio una vez procesadas dichas medidas y comparadas con sus estaciones de monitorización en continuo más cercanas, tal y como se describirá posteriormente en el apartado 8 del presente estudio.

## 7.- CUANTIFICACIÓN DE FUENTES ACÚSTICAS

Una vez localizadas todas las fuentes de ruido a incluir en el modelo, se procede a su caracterización mediante las mediciones acústicas realizadas en el entorno de dichas fuentes. Se ha procedido a la realización de mediciones en periodos de alta actividad.

Para cada medida se han obtenido valores de niveles globales en ponderaciones A, C y lineal; percentiles y espectro de frecuencias en tercios de octavas. A continuación se muestran los valores obtenidos de la medida 62 en el entorno de Alfonso X:

NIVELES GLOBALES									
LA eq,t (dBA)	LC eq,t (dBC)	LAI eq,t (dBA)	Leq,t (dB)	LAF máx. (dBA)	LAS máx. (dBA)	LAF5 (dBA)	LAF10 (dBA)	LAF50 (dBA)	LAF90 (dBA)
72,5	76,6	74,3	77,9	75,8	73,7	74,8	73,9	72,2	70,7



ESPECTRO							
F (Hz)	Nivel (dB)	F (Hz)	Nivel (dB)	F (Hz)	Nivel (dB)	F (Hz)	Nivel (dB)
10 Hz	50,4	80 Hz	60,9	630 Hz	68,1	5 kHz	45,9
12,5 Hz	49	100 Hz	60,2	800 Hz	65,9	6,3 kHz	43,1
16 Hz	55,7	125 Hz	58,6	1 kHz	62,4	8 kHz	39,9
20 Hz	55,4	160 Hz	62,2	1,25 kHz	61,5	10 kHz	36,2
25 Hz	71,8	200 Hz	62,3	1,6 kHz	61,3	12'5 kHz	31,4
31,5 Hz	70,2	250 Hz	60,4	2 kHz	58,9	16 kHz	25,5
40 Hz	64,3	315 Hz	61,2	2,5 kHz	56,6	20 kHz	19,6
50 Hz	60,9	400 Hz	63,8	3,1 5kHz	54		
63 Hz	62,8	500 Hz	67	4 kHz	51,8		



Imagen 11: Tablas y Gráficos de Niveles globales y Registro espectral – Medida 62

Una vez realizadas las medidas se han agrupado por fuente de ruido a la que caracterizan. A continuación se muestra el listado de Fuentes Lineales y Superficiales caracterizadas, así como el conjunto de mediciones utilizadas para su cuantificación:

FUENTE	ZONA	MEDIDA
FLAX1	1	21, 22, 23, 24, 25, 26, 87, 88, 89, 90, 96, 94, 151, 158, 159, 160, 161, 162
FLAX2	1	27, 28, 29, 33, 35, 77, 78, 82, 83, 86, 140, 141, 143, 147, 149
FLAX3	1	41, 42, 43, 44, 70, 71, 72, 76, 134, 135, 136, 137
FLBPC	1	16, 17, 18, 20, 95, 98, 97, 100, 153, 154, 156, 157
FLPCIII1	1	30, 79, 144
FLPCIII2	1	31, 80, 145
FLPCIII3	1	32, 81, 146
FLSAC	1	38
FLSAN	1	36, 75, 139
FLSAS	1	37, 73, 138
FSAX1	1	247, 248, 251
FSBPC1	1	62, 63, 64, 65, 66, 67
FSBPC2	1	68, 69, 70, 71
FSESA2	1	84, 85, 86, 87
FSPSA	1	72, 73, 74, 75, 76, 77
FLCC	3	57, 65, 135
FLCSA1	3	39, 72, 123
FLCSA2	3	43, 70, 124
FLEV1	3	216, 217, 218, 219
FLEV2	3	48, 53, 59, 66, 132, 133
FLEV3	3	40, 46, 47, 63, 68, 71, 121, 125, 126
FLPM1	3	225, 226, 227
FLPM2	3	50, 61, 130
FLSIDL1	3	220, 221, 222, 223, 224
FLSIDL2	3	49, 60, 131
FLTSR1	3	51, 62, 129
FLTSR2	3	54, 67, 134
FLAG	4	61, 171, 211
FLAP	4	62, 167, 202
FLJL1	4	58, 59, 169, 170, 209, 210
FLJL2	4	11, 12, 55, 57, 168, 183
FLPM	4	68, 212, 173
FLPMP1	4	4, 6, 7, 8, 49, 50, 51, 52, 176, 177, 178, 179

FUENTE	ZONA	MEDIDA
FLPMP2	4	2, 3, 45, 48, 174, 175
FLPU	4	9, 10, 53, 54, 180, 182
FLSMP1	4	65, 163, 208
FLSMP2	4	63, 64, 164, 165, 205, 206
FLSMP3	4	66, 67, 166, 181, 203, 204
FSPMP1	4	36, 37, 38, 39, 40
FSPMP2	4	32, 33, 34, 35, 42, 43
FSPU1	4	29, 30, 31
FSPU2	4	25, 26, 27, 28
FSPU3	4	21, 22, 23, 24
FSPU4	4	9, 10, 11, 12
FSPU5	4	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
FSSMP1	4	13, 14, 15, 16, 17
FSSMP2	4	18, 19, 20
FLAB	5	2, 158, 237
FLCA	5	78, 154, 223
FLCB	5	74, 77, 143, 153, 175, 220
FLCG	5	4, 160, 234
FLCH	5	66, 119, 212
FLCM	5	67, 117, 213
FLCP	5	69, 75, 118, 153, 218, 219
FLCR	5	14, 15, 16, 145, 148, 149, 171, 172, 173
FLCS	5	54, 82, 83, 115, 156, 157, 206, 229, 230
FLCSY	5	56, 109, 204
FLCT1	5	205, 206, 207
FLCT2	5	208, 209, 210
FLCT3	5	35, 36, 46, 59, 98, 100, 104, 107, 192, 194, 199, 208
FLCTO	5	42, 102, 198
FLCV1	5	41, 60, 62, 106, 120, 121, 200, 209, 210
FLCV2	5	70, 138, 215
FLCV3	5	193, 194
FLCV4	5	196, 197
FLCV5	5	198, 199



FUENTE	ZONA	MEDIDA
FLCV6	5	200, 201, 202, 203, 204
FLCV7	5	71, 72, 136, 137, 180, 217
FLDF	5	38, 40, 44, 45, 49, 88, 92, 93, 95, 96, 196, 197, 202, 203, 238
FLDRSP	5	52, 91, 228
FLLA	5	29, 30, 32, 31, 101, 124, 127, 128, 187, 188, 190, 191
FLMV	5	24, 25, 26, 28, 131, 132, 133, 135, 181, 182, 184, 186
FLPS	5	55, 57, 108, 110, 205, 207
FLPSE	5	22, 23, 139, 141, 178, 179
FLSA	5	17, 21, 142, 144, 174, 177
FLSC	5	50, 51, 89, 90, 239, 240
FLSDJ	5	53, 113, 227
FLSDJ	5	53, 113, 227
FLSF1	5	3, 5, 6, 159, 161, 162, 232, 233, 236
FLSF2	5	7, 8, 10, 163, 165, 166, 222, 224, 231
FLSQ1	5	175, 176, 177
FLSQ2	5	61, 63, 68, 80, 81, 115, 116, 123, 155, 164, 189, 211, 214, 225, 226
FLSR	5	37, 99, 195
FLVDR	5	11, 12, 73, 150, 151, 168, 169, 170, 211
FSCP	5	188, 189, 190
FSCR	5	165, 166, 167
FSCV1	5	195
FSCV2	5	191, 192
FSPB	5	181, 182, 183, 184, 185, 186, 187
FSPBAH1	5	44, 45, 46
FSPBAH2	5	47, 48, 49, 50
FSPE	5	171, 172, 173, 174
FSSF1	5	51, 52, 53, 54
FSSF2	5	213, 214, 215
FSSF3	5	211, 212
FSSQ	5	178, 179, 180
FSVDR	5	168, 169, 170
FLCDC	7	103, 104, 130, 131, 199, 200
FLCE	7	117, 124, 189

FUENTE	ZONA	MEDIDA
FLCS	7	102, 133, 201
FLCSO	7	111, 132, 194
FLCT	7	114, 119, 190
FLGM	7	115, 118, 191
FLMP	7	105, 107, 126, 129, 197, 198
FLSG	7	106, 112, 113, 121, 122, 127, 192, 193, 195
FLSJ	7	109, 110, 123, 125, 187, 188
FSCS1	7	157, 158, 159, 160
FSCS2	7	161, 162
FSCS3	7	163, 164
FSGM	7	131, 132, 133, 134
FSPSJ1	7	124, 125, 126, 127
FSPSJ2	7	114, 115, 116, 117, 118, 119
FSPSJ3	7	120, 121, 122, 123
FSSG1	7	150, 151, 152, 153, 154, 155, 156
FSSG2	7	142, 143, 144, 145
FSSG3	7	138, 139, 140, 141
FSSG4	7	146, 147, 148, 149
FSSJ1	7	135, 136, 137
FSSJ2	7	128, 129, 130
FLASL	12	29, 34, 92, 93, 103, 104
FLCG	12	16, 17, 18, 79, 80, 81, 114, 115, 116
FLCM	12	13, 14, 15, 75, 77, 78, 117, 118, 119
FLCP	12	32, 36, 35, 97, 96, 95, 101, 100, 99
FLCR	12	19, 20, 21, 27, 82, 83, 84, 89, 106, 111, 112, 113
FLCSP	12	25, 88, 107
FLJB	12	22, 23, 24, 85, 86, 87, 108, 109, 110
FLPF	12	37, 98, 120
FLPSP	12	28, 91, 105
FLSJ	12	31, 94, 102
FSASL1	12	111
FSASL2	12	112
FSASL3	12	113

FUENTE	ZONA	MEDIDA
FSCR	12	108, 109, 110
FSPLF1	12	92, 96, 94, 95, 96, 97, 98
FSPLF2	12	103, 104, 105, 106, 107
FSPLF3	12	99, 100, 101, 102
FSPSC1	12	78, 79, 80, 81
FSPSC2	12	82, 83, 84, 85, 86, 87
FSPSC3	12	88, 89, 90, 91

Tabla 4: Listado de Fuentes Superficiales y Lineales caracterizadas

Para la denominación de cada fuente de ruido, se han seguido los siguientes criterios:

- Las dos primeras letras corresponden a
  - o FL (Fuente Lineal)
  - o FS (Fuente Superficial)
- Las letras que les siguen corresponden generalmente al nombre de la calle.
- El número final, si lo lleva, corresponde a que existe más de una fuente con esa nomenclatura y se enumeran para diferenciarlas. Por ejemplo:
  - o FLSG: Fuente Lineal Simón García.
  - o FSSF2: Fuente Superficial Saavedra Fajardo 2

Una vez agrupadas las medidas asociadas a cada fuente, y dado que el modelo utilizado trabaja con valores espectrales de potencia, se ha calculado el espectro resultante en tercios de octava en términos de potencia sonora ( $L_w$ ). Para ello se ha partido de los espectros en presión sonora ( $L_p$ ) de cada una de las medidas asociadas a la fuente:

FRECUENCIA (Hz)	MEDIDA 62 (dB)	MEDIDA 63 (dB)	MEDIDA 64 (dB)	MEDIDA 65 (dB)	MEDIDA 66 (dB)	MEDIDA 67 (dB)
10	50,4	69,2	50,6	64,1	53,2	51,9
12,5	49	64,4	51,5	61,3	52,6	51,1
16	55,7	61,9	52,7	55,6	52	56

FRECUENCIA (Hz)	MEDIDA 62 (dB)	MEDIDA 63 (dB)	MEDIDA 64 (dB)	MEDIDA 65 (dB)	MEDIDA 66 (dB)	MEDIDA 67 (dB)
20	55,4	54,5	53,8	54,3	51,9	56,5
25	71,8	57,2	58	57,3	58,5	65,5
31,5	70,2	61,2	62,6	57,1	59,7	63,4
40	64,3	64,1	61,8	58,6	59,7	67,3
50	60,9	65	58,8	61,6	63,5	66,4
63	62,8	64,8	57,3	58,7	59,2	65,5
80	60,9	65	57,6	55,5	58,4	61,1
100	60,2	60,8	60,7	58,3	60,4	61,9
125	58,6	59,6	57,1	57,4	57,8	61,2
160	62,2	61,6	59,4	59	59,7	60
200	62,3	64	60,6	61,6	61	61,9
250	60,4	65,2	61,4	61,1	60,9	61,8
315	61,2	65,4	62,1	60,1	61,8	60,4
400	63,8	66,9	64,4	61,9	64,2	62
500	67	71,6	67,3	65,3	68,3	67,9
630	68,1	72,9	70,3	67,5	68,4	66,9
800	65,9	69,9	66,4	65,4	66,3	66,5
1.000	62,4	65,9	62	62,5	65,8	65,1
1.250	61,5	66,2	62,6	60,3	62,4	62,7
1.600	61,3	66,9	61,7	62,7	62,3	62,8
2.000	58,9	64,6	58,3	60,1	60	60,7
2.500	56,6	63,5	57,2	58,5	58,7	59,1
3.150	54	59,6	54	55,3	55,1	57
4.000	51,8	56,8	52,6	51,3	52,2	52,8
5.000	45,9	50,9	45,1	46,6	45,4	44,5
6.300	43,1	45,5	39,1	39,6	39,8	39,7
8.000	39,9	43,7	36,4	37,2	37,1	37,6
10.000	36,2	39	32,5	34,2	33,9	33,3
12.500	31,4	33,8	28,3	29,7	30	30,5
16.000	25,5	27,9	24,7	23,7	25,7	24,2
20.000	19,6	21,9	19,4	17,9	19,8	19,6

Tabla 5: Espectros en presión sonora ( $L_{pi}$ ) de las medidas asociadas a la fuente FSBPC1

Y a partir de estos valores, mediante la fórmula

$$Leq (nivel) = 10 \cdot \log \left( \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left( 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \right)$$

Se ha calculado el promedio energético de cada tercio de octava, determinando así un espectro de ruido global (nivel de presión sonora -  $L_p$ ):

FRECUENCIA	NIVEL (dB)	FRECUENCIA	NIVEL (dB)	FRECUENCIA	NIVEL (dB)
10	62,8	160	60,5	2.000	61,0
12,5	58,9	200	62,0	2.500	59,6
16	57,0	250	62,1	3.150	56,3
20	54,6	315	62,2	4.000	53,4
25	65,5	400	64,2	5.000	47,0
31,5	64,6	500	68,4	6.300	41,9
40	63,6	630	69,6	8.000	39,5
50	63,4	800	67,0	10.000	35,5
63	62,5	1.000	64,3	12.500	31,0
80	60,9	1.250	63,0	16.000	25,5
100	60,5	1.600	63,4	20.000	19,9
125	58,9				

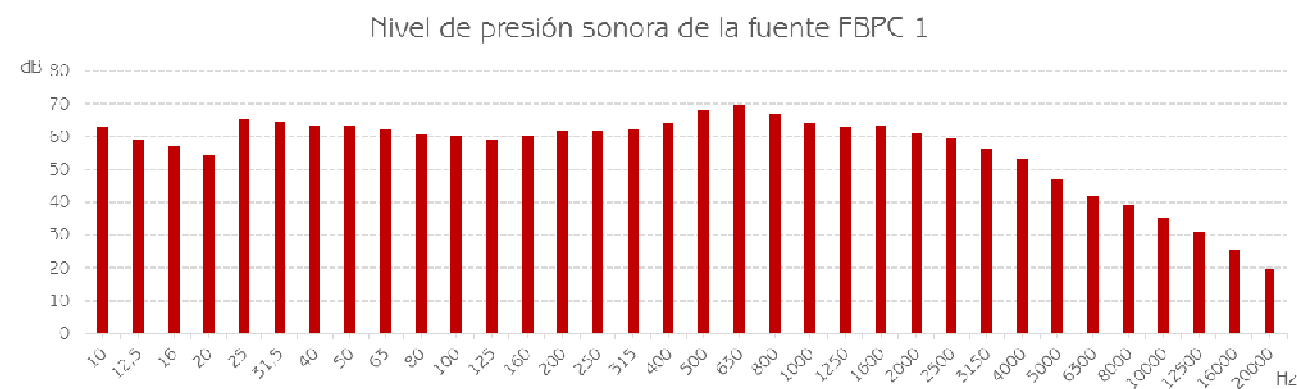


Imagen 12: Tabla y Gráfico del espectro en presión sonora ( $L_p$ ) resultante para la fuente FSBPC1

Posteriormente, a partir de dicho espectro en presión sonora, se ha calculado el espectro de potencia sonora asociado a la fuente, atendiendo a las aproximaciones

de la propagación del sonido en campo libre y su atenuación con la distancia para fuentes lineales y superficiales, de acuerdo con las siguientes relaciones:

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} = \frac{W}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Expresando en decibelios la relación entre el nivel de potencia acústica ( $L_w$ ) de la fuente y la presión sonora originada en un punto alejado a una distancia  $r$ , cuyo valor, de acuerdo con la ubicación de los puntos de caracterización de las fuentes, oscila entre 0,5 y 1,5m según el caso, obtendremos:

$$L_w = L_p + 10 \cdot \log r + 8$$

FRECUENCIA	NIVEL (dB)	FRECUENCIA	NIVEL (dB)	FRECUENCIA	NIVEL (dB)
10	69,8	160	67,5	2.000	68,0
12,5	65,9	200	69,1	2.500	66,6
16	64,1	250	69,2	3.150	63,4
20	61,7	315	69,3	4.000	60,4
25	72,5	400	71,2	5.000	54,1
31,5	71,6	500	75,4	6.300	48,9
40	70,6	630	76,6	8.000	46,6
50	70,5	800	74,1	10.000	42,5
63	69,5	1.000	71,3	12.500	38,0
80	67,9	1.250	70,1	16.000	32,5
100	67,5	1.600	70,5	20.000	26,9
125	65,9				

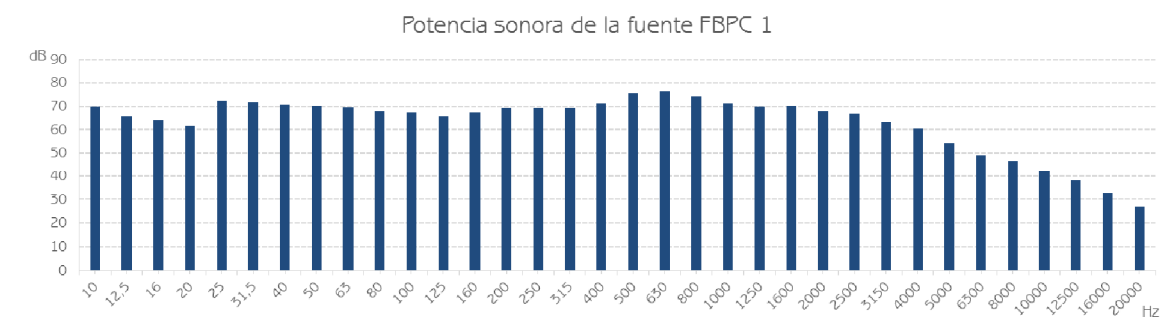


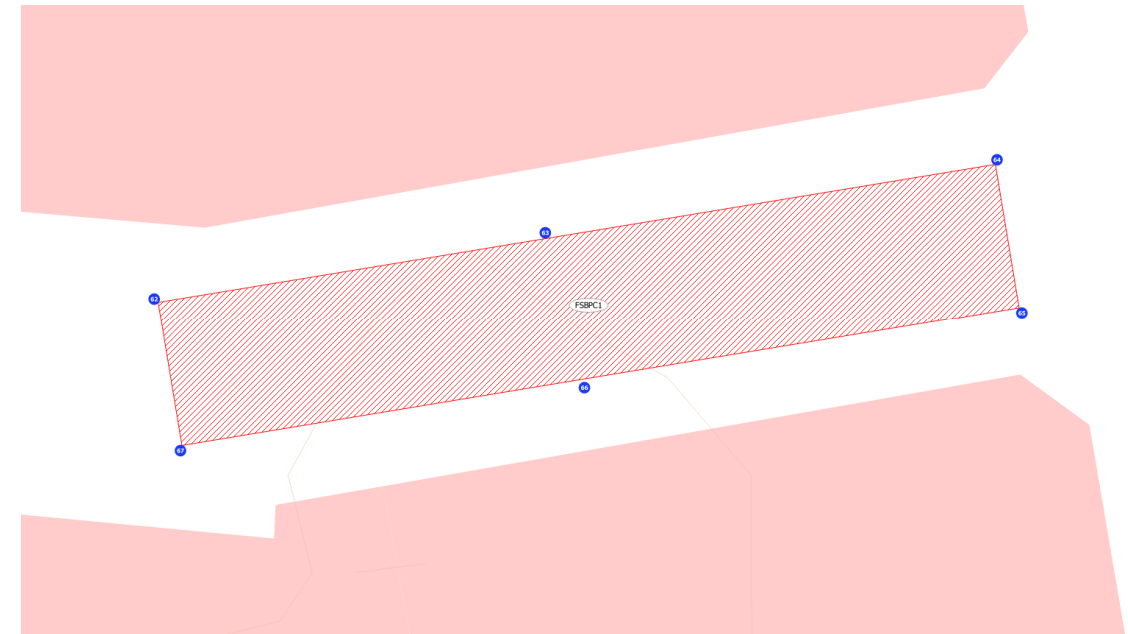
Imagen 13: Tabla y Gráfico del espectro en potencia sonora ( $L_w$ ) resultante para la fuente FSBPC1



Aplicado este procedimiento para las fuentes identificadas se han obtenido los resultados que se presentan en el anexo A.1 en forma de fichas para cada una de las fuentes de ruido. En las mismas se incluye la denominación de la fuente, la ubicación, tipología, número de mesas y sillas asociadas, así como el nivel sonoro equivalente ( $LA_{eq}$ ) de cada una de las medidas que caracterizan la fuente y el espectro de potencia acústica resultante de la aplicación de la metodología indicada.

A modo de ejemplo, se adjunta a continuación la ficha correspondiente a la fuente FSBPC1 (Fuente Superficial Bartolomé Pérez Casas 1)

<b>FUENTE DE RUIDO</b>	FSBPC1 (Fuente Superficial Bartolomé Pérez Casas 1)	<b>TIPOLOGÍA</b>	Terrazas en la vía pública
<b>UBICACIÓN</b>	Calle Bartolomé Pérez Casas	<b>Nº MESAS</b>	27
<b>TIPOLOGÍA ACÚSTICA</b>	Fuente superficial horizontal	<b>Nº SILLAS</b>	108



### MEDIDAS ACÚSTICAS

Punto medida 62	Punto medida 63	Punto medida 64	Punto medida 65	Punto medida 66	Punto medida 67
72,5 dBA	77,2 dBA	73,4 dBA	72,3 dBA	76,4 dBA	73,3 dBA

### POTENCIA ACÚSTICA

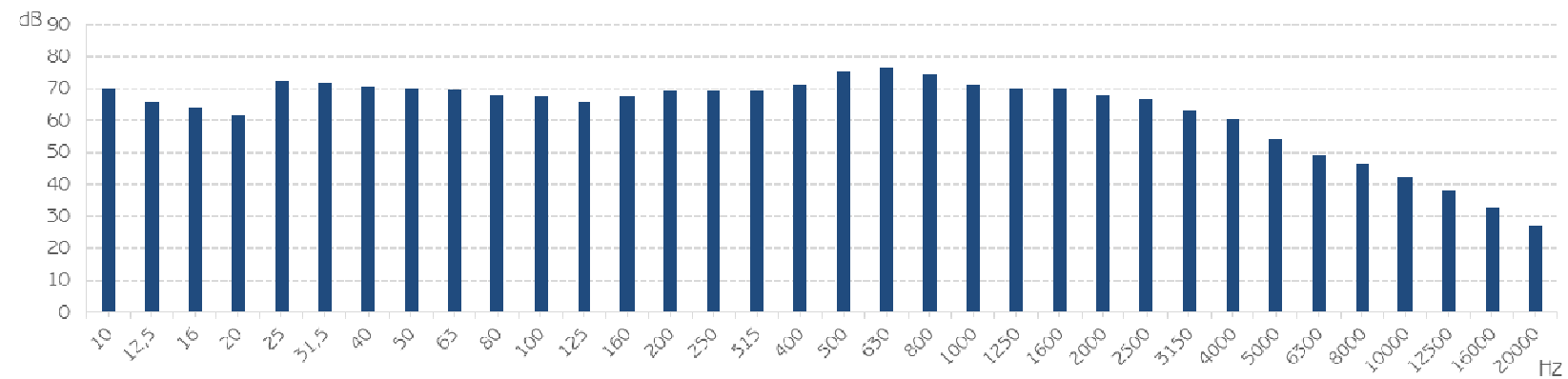


Imagen 14: Ficha correspondiente a la fuente FSBPC1

## 8.- MODELO ACÚSTICO

Si bien la Directiva 2002/49/CE, y así se traslada a la legislación estatal, define unos métodos recomendados para la caracterización acústica de las fuentes de ruido tráfico rodado, ferroviario, aeroportuario e industrial al ser éstas las que han de contemplarse en los mapas de ruido estratégicos, **no define ninguna metodología concreta para caracterizar el ruido procedente de las zonas de ocio.**

Para poder evaluar el nivel acústico de estas actividades de ocio, se ha utilizado el método de cálculo destinado a la simulación de fuentes industriales, ISO 9613-2, implementado en el software de predicción acústica empleado para modelizar (PREDICTOR 11.0 / CADNA 2017- Build 157.4701), considerándose como el más adecuado, dado que permite asignar a las distintas fuentes de ruido las potencias obtenidas por métodos de medición in situ.

Este método es el que realiza mejores aproximaciones a la tipología de ruido que se quiere estudiar, ya que utiliza elementos acústicos (fuentes de ruido superficiales, lineales y puntuales) que se pueden caracterizar a partir del espectro sonoro. Los otros modelos recomendados por la Unión Europea (NMPB, XPS 31-133, ECAC.CEAC, Método Holandés,...) son específicos para otros tipos de emisores (tráfico viario, aeroportuario, ferroviario,...) distintos a los que se pretenden caracterizar en el presente estudio.

### 8.1.- CONSTRUCCIÓN DEL MODELO GEOMÉTRICO.

El método a utilizar para la realización del Mapa de Ruido de Ocio (MRO) será pues el indicado por el *Anexo II.2 del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental:*

- ISO 9613-2: «Acústica-Atenuación del sonido cuando se propaga en el ambiente exterior, Parte 2: Método general de cálculo».

Se han tenido en cuenta, además, las *Recomendaciones de la Comisión, de 6 de agosto de 2003, relativa a orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial*, y los datos de emisiones correspondientes, y la *Guía de Buenas Prácticas para la Realización de Mapas de Ruido y la Producción de Datos Asociados a la Exposición al Ruido (Versión 2, 13/01/2006)* del Grupo de Trabajo Asesor sobre Exposición al Ruido de la Comisión Europea.

#### 8.1.1.- INCORPORACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA

El primer paso para la construcción del modelo geométrico ha sido la incorporación de la topografía del terreno del área de estudio mediante curvas de nivel. Para ello, se han generado las mismas en formato vectorial a partir del Modelo Digital del Terreno de la zona más actualizado (2016), de la cartografía disponible del Centro Nacional de Información Geográfica.



Imagen 15: Topografía de la zona de estudio

### 8.1.2.- INCORPORACIÓN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS QUE INTERVIENEN EN LA PROPAGACIÓN

De forma análoga, se han importado los datos geométricos de los edificios, muros y demás elementos que intervienen en la propagación del sonido, con su información asociada en relación a la altura, población y coeficiente de absorción/reflexión, a partir de la cartografía catastral del año 2016 y de los cambios sobre la misma observados durante el trabajo de campo realizado.

El coeficiente de absorción ( $a_r$ ) / reflexión ( $R$ ) general usado para todos los edificios y elementos que pueden actuar de barrera a la propagación acústica, ha sido el indicado en la toolkit 16 de la "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure" publicada por el Grupo de Trabajo de la Unión Europea "European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN)" en el año 2006. De forma general se ha tomado el valor de  $a_r = 0.4$  ( $R = 0.8$ , basado en la relación:  $a_r = 1 - |R|^2$ ) indicado para pared de mampostería estructurada (edificio con balcones y ventanas).

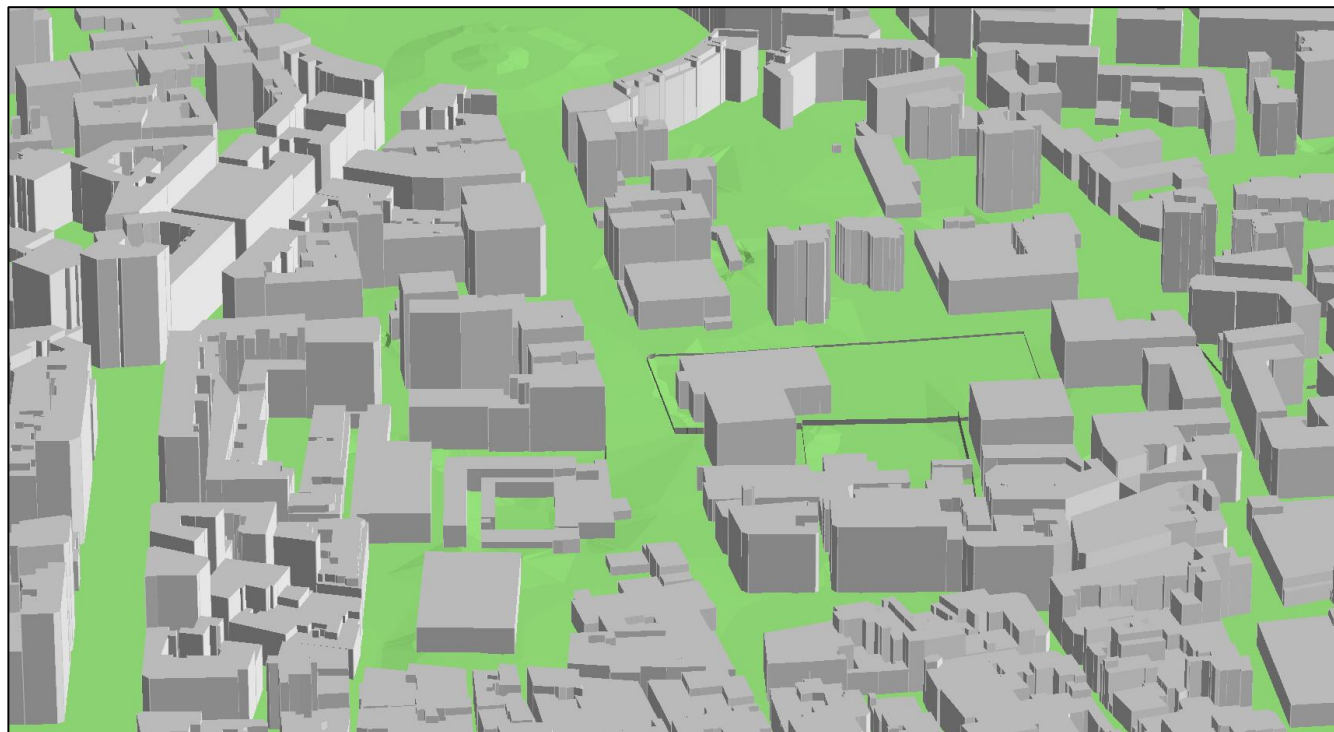


Imagen 15: Incorporación de elementos geométricos a la topografía

### 8.2.- INCORPORACIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO

Posteriormente se ha procedido a la incorporación de los emisores acústicos al modelo mediante su importación geométrica en formato GIS (.shp), y a la introducción del resto de parámetros que los caracterizan.



Imagen 16: Modelo 3D con incorporación de emisores acústicos superficiales y lineales. Detalle zona sur Avda. Alfonso X - Plaza Santa Ana

#### 8.2.1.- ALTURA DE LAS FUENTES

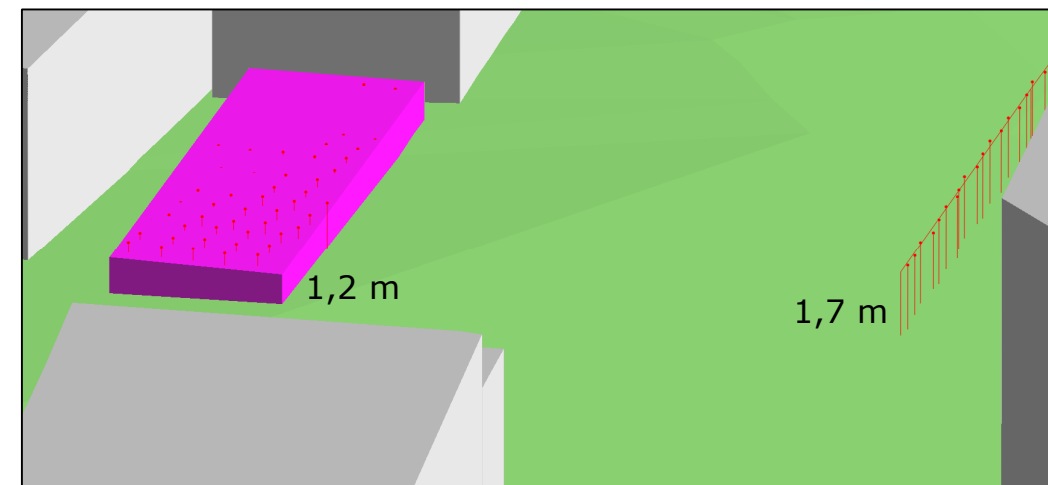


Imagen 17: Modelo 3D con detalle de la altura de emisión de cada uno de los tipos de fuentes

Para la altura de emisión de las fuentes se ha tomado:

- 1,7m para las fuentes lineales (personas de pié)
- 1,2m para las fuentes superficiales (personas sentadas)

### 8.2.2.- DENSIDAD DE EMISORES PUNTUALES EN CADA FUENTE

Para la caracterización de fuentes superficiales o lineales, el software utilizado asimila las mismas a un número de fuentes puntuales por unidad de área o longitud, de forma que hay que indicar la densidad de dichas fuentes puntuales. Se ha tomado por defecto:

- 1 m para densidad de puntos en fuentes lineales
- 1 x 1 m para densidad de puntos en fuentes superficiales

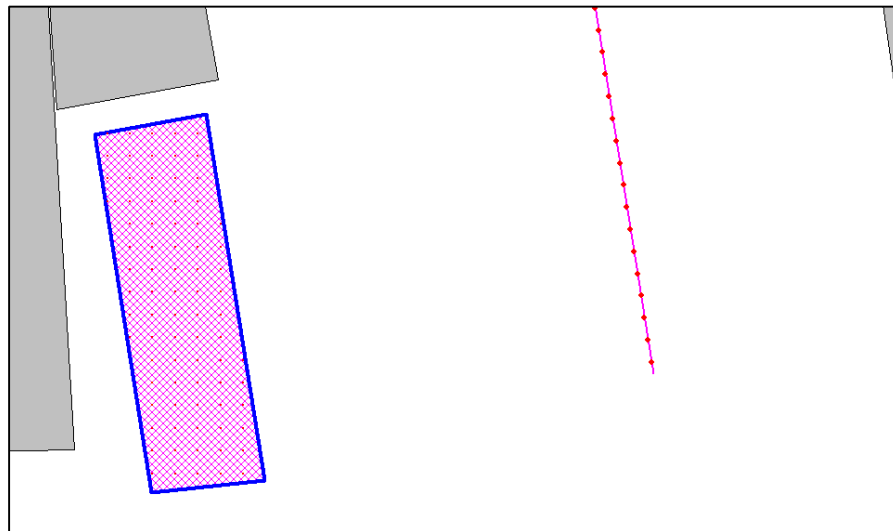


Imagen 18: Detalle de Fuente superficial y lineal donde se aprecia la densidad de emisores puntuales

### 8.2.3.- CARACTERIZACIÓN DEL ESPECTRO MEDIO DE EMISIÓN POR PERIODO DE CADA FUENTE

A partir de las determinaciones realizadas en el apartado 7 para las fuentes lineales y superficiales, se dispone del espectro de emisión en potencia acústica (en tercios de octava y en octavas) para cada una de las fuentes.

No obstante, este valor corresponde a un momento del día determinado en el que se ha caracterizado la fuente; generalmente, cuando está en funcionamiento con

una alta ocupación, lo cual no ocurre durante todos los periodos del día. En realidad, el cálculo de la potencia acústica generado por una fuente de ocio se debería realizar mediante medición continua durante el tiempo de funcionamiento de la misma, lo cual implicaría unos tiempos de medida y recursos muy superiores a los previstos para el presente trabajo.

Para solventar lo anterior, se ha procedido a colocar de forma estratégica las estaciones de monitorización, atendiendo a la ubicación de las fuentes de ocio, con el fin de poder registrar la variabilidad de los niveles acústicos. Cada estación caracteriza un área que registra una serie de fuentes, y a cada una de las fuentes identificadas se le ha asignado una de las estaciones de monitorización.

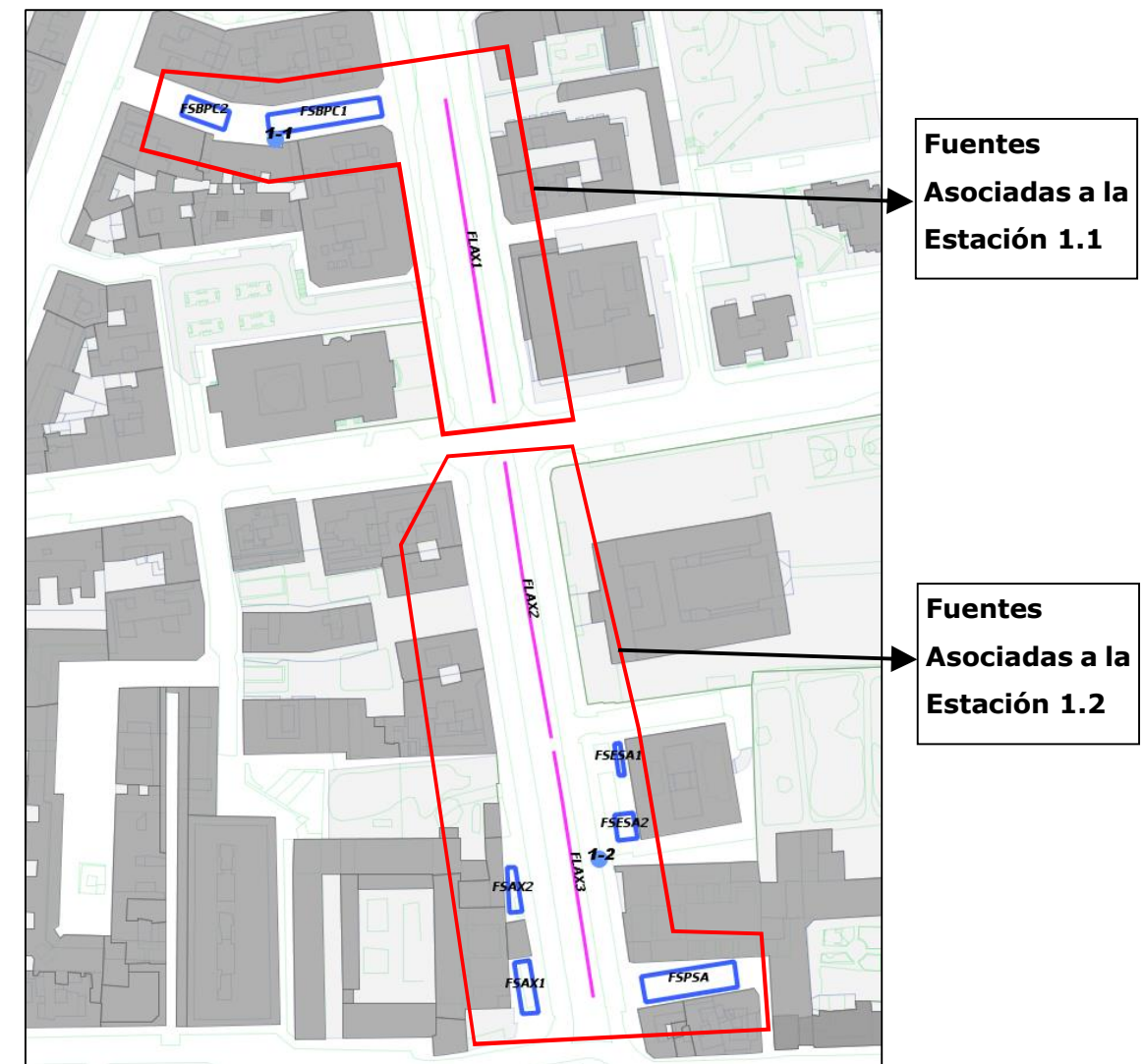


Imagen 19: Asociación entre fuentes y estaciones en la zona Alfonso X



Por lo tanto, y dado que en el modelo hay que introducir valores medios de funcionamiento de las fuentes para cada periodo (día, tarde y noche), se ha procedido a relacionar el muestreo en cada fuente con su estación de monitorización en continuo más cercana.

A partir del valor muestreado para la fuente, se ha realizado la comparación con el valor que registra la estación para ese momento del día promedio 24h<sup>5</sup>. Posteriormente se extrapola a las 24h del día siguiendo el perfil de la estación y se obtiene el perfil acústico diario completo correspondiente a la fuente.

En el siguiente gráfico se muestra, en naranja, el promedio de la estación y en rojo el promedio para la fuente FSBPC1 resultante de acuerdo con el procedimiento indicado:

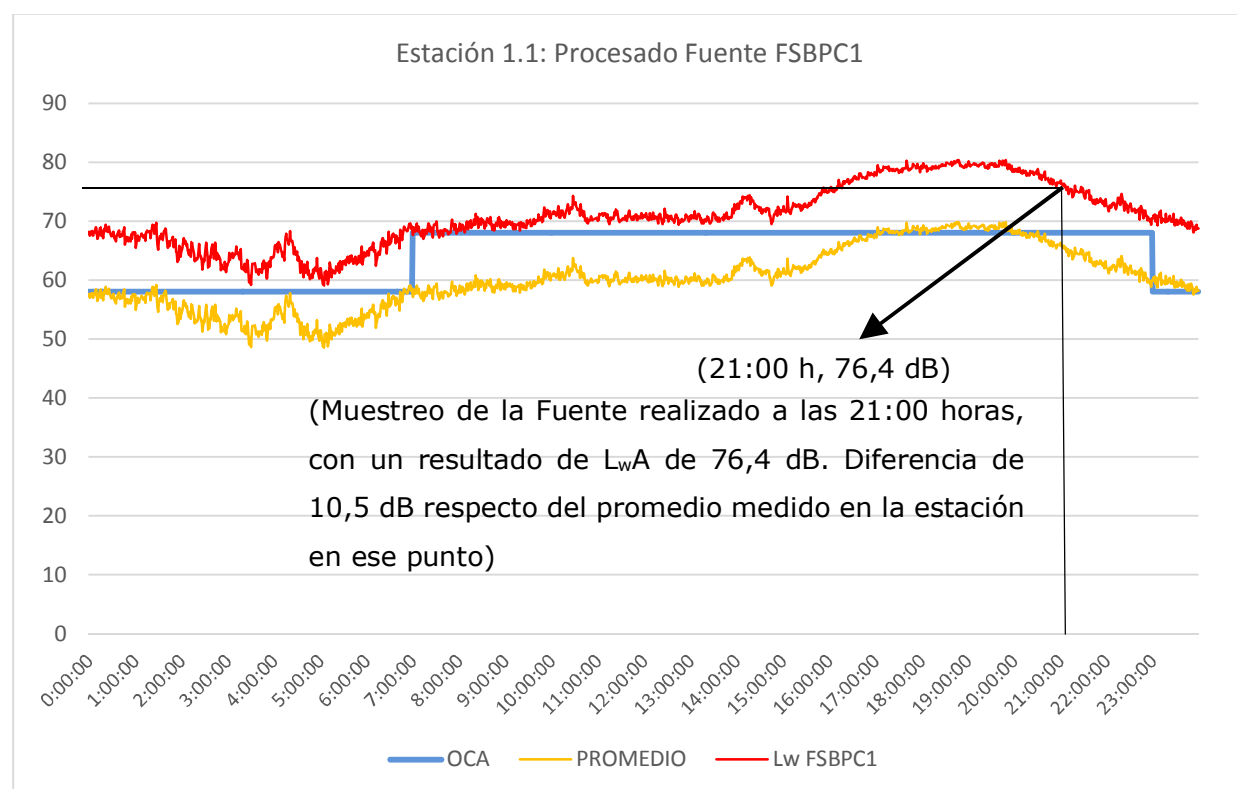


Imagen 20: Correlación entre fuente FSBPC1 y Estación 1.1

El área bajo la curva obtenida se promedia durante el tiempo de funcionamiento de la fuente (que definiremos en el siguiente apartado) obteniendo un rectángulo equivalente para cada uno de los periodos (día, tarde y noche), cuya altura nos da el valor de  $L_w$  de fuente por periodo:

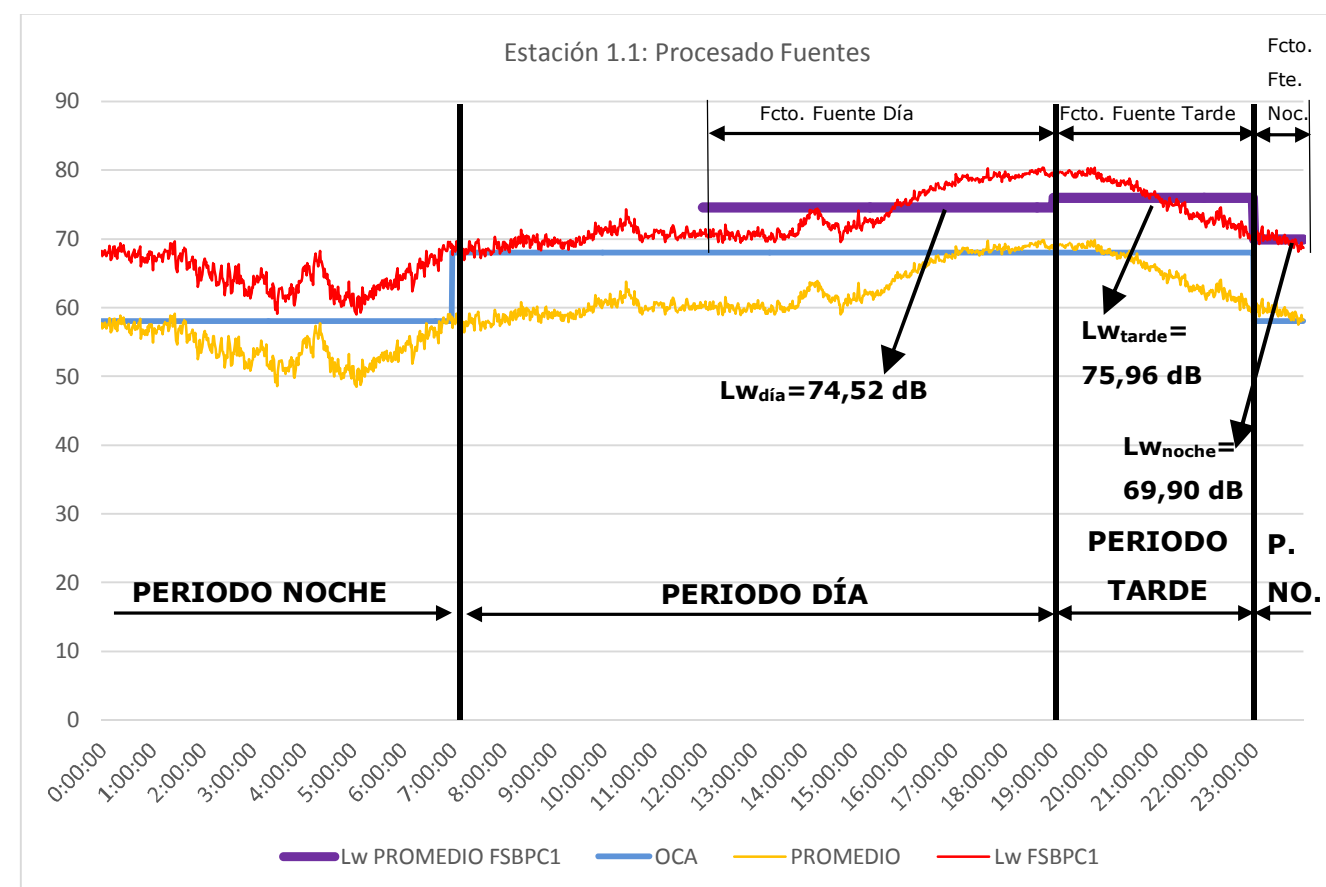


Imagen 21: Cálculo gráfico de Potencia acústica de emisión por periodo

Una vez determinados los valores de potencia acústica por periodo calculados según el método gráfico anterior, se determina el coeficiente de corrección respecto al muestreo realizado, introduciéndose en el modelo el espectro completo de la muestra de la fuente en octavas (entre las frecuencias 63Hz y 8000Hz, según se indica en el método ISO 9613-2) y su correspondiente corrección (reducción o aumento), aplicándose ponderación A, tal y como se muestra en la tabla e imagen siguientes:

<sup>5</sup> Distribución 24 h resultado del promedio de los valores minutales obtenidos a lo largo de todos los días de la semana durante todas las semanas de funcionamiento de la estación.

Periodo	Lw muestr (dBA)	Lw periodo (dBA)	COEF. CORR. PERIODO
Día	76,4	74,52	-1,88
Tarde	76,4	75,96	-0,45
Noche	76,4	69,90	-6,50

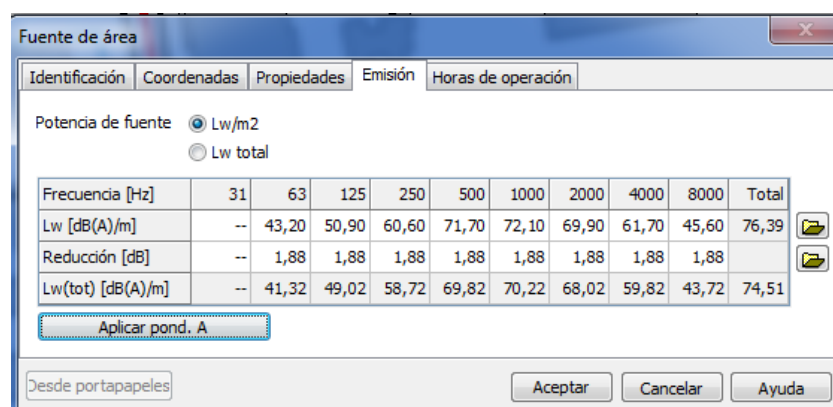


Imagen 22: Introducción de datos en el modelo a partir del cálculo de coeficientes de corrección de las fuentes. Fuente FSBPC1 – Periodo día.

#### 8.2.4.- TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS FUENTES DE RUIDO

Finalmente debemos incorporar a la fuente su horario de funcionamiento para poder calcular los índices acústicos  $L_{\text{día}}$ ,  $L_{\text{tarde}}$  y  $L_{\text{noche}}$ .

Evidentemente las fuentes de ruido de ocio no están funcionando durante las 24 horas del día: en el caso de las terrazas (fuentes superficiales), estarán sujetas a lo establecido en el artículo 10 de la *Ordenanza Municipal Reguladora de la ocupación de la Vía Pública con terrazas y otras instalaciones*, mientras que para las fuentes lineales, el tiempo de funcionamiento dependerá de varios factores, si bien relacionados principalmente con el horario de cierre de los bares y la circulación de personas entre locales de ocio.

Atendiendo a lo indicado en el artículo 10 de la Ordenanza de vía pública:

*Artículo 10. Horarios.*

10.1 Con carácter general y sin perjuicio de lo establecido en el párrafo 3 de este artículo, las terrazas podrán funcionar con arreglo al siguiente horario:

- Durante los meses de Octubre a Marzo, de lunes a jueves, desde las 9 horas hasta la 1 de la madrugada. Los viernes, sábados y vísperas de festivos, hasta la 1,30 de la madrugada.

- El resto del año, el cierre de la terraza podrá producirse media hora más tarde.

El cumplimiento de este horario es independiente del horario comercial o de apertura y cierre del establecimiento de hostelería o restauración al que la terraza se encuentre vinculada. El horario de funcionamiento incluye el tiempo utilizado para su montaje y desmontaje diario.

10.2. En ningún caso podrán permanecer abiertas las terrazas excedido el horario de cierre del establecimiento al que sirven de anexo.

No obstante, durante las mediciones realizadas para delimitar las zonas de ocio, se ha observado que entre las 9 y las 12 del mediodía, el ruido generado por las terrazas, dada su baja ocupación, queda enmascarado prácticamente por otras tipologías de ruido como tráfico, trabajos en vía pública, limpieza urbana, carga y descarga, etc..., no pudiéndose comparar durante este periodo con la estación más cercana, que recoge todo el ruido ambiente.

Por otro lado, en las terrazas ubicadas en la calle Bartolomé Pérez Casas, el horario de funcionamiento difiere del resto durante el periodo noche, dado que estos establecimientos tienen limitada su actividad en la vía pública hasta las 12 de la noche (promedio de horario invierno: 23:30 laborables – 24:00 fin de semana; y verano: 24:00 laborables – 00:30 fin de semana).

Respecto a las fuentes lineales, dado que su funcionamiento depende de múltiples factores, se ha optado por el estudio del perfil promedio 24h de cada estación, asociando en periodo nocturno un horario de funcionamiento que dependerá de cómo decae la curva acústica de cada estación. Para los periodos día o tarde, se ha tomado el periodo completo, o directamente se ha eliminado la fuente lineal del modelo en los casos en los que se comprueba *in situ* su inexistencia. Como ejemplo,

las fuentes lineales de Enrique Villar, se han eliminado en periodo día dado que el ruido en ese periodo corresponde a una actividad comercial y al tráfico.

Con las consideraciones establecidas en los párrafos anteriores, se ha llegado a la siguiente distribución de horarios para las fuentes asociadas a cada una de las estaciones de monitorización:

ESTACIÓN	PERIODO	TIPO FUENTE	INTERVALO HORARIO	TOTAL HORAS FUNCIONAMIENTO
1.1, 1.2, 3.1, 4.1, 5.5, 12.1, 12.3	DÍA	LINEAL	07:00 - 19:00	12 HORAS
1.1, 1.2, 3.3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 7.1, 7.2, 12.1, 12.2, 12.3	DÍA	SUPERFICIAL	12:00 - 19:00	7 HORAS
1.1, 1.2, 3.1, 3.3, 4.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7, 12.1, 12.3	TARDE	LINEAL	19:00 - 23:00	4 HORAS
1.1, 1.2, 3.3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 7.1, 7.2, 12.1, 12.2, 12.3	TARDE	SUPERFICIAL	19:00 - 23:00	4 HORAS
1.1, 1.2, 12.1, 12.2	NOCHE	LINEAL	23:00 - 02:00	3 HORAS
5.2, 5.3, 5.4, 5.5	NOCHE	LINEAL	23:00 - 03:30	4,5 HORAS
5.7	NOCHE	LINEAL	23:00 - 03:45	4,75 HORAS
3.3	NOCHE	LINEAL	23:00 - 04:08	5,13 HORAS
3.1	NOCHE	LINEAL	23:00 - 04:16	5,27 HORAS
4.1	NOCHE	LINEAL	23:00 - 04:35	5,58 HORAS
1.1	NOCHE	SUPERFICIAL	23:00 - 24:00	1 HORAS
1.2, 3.3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 7.1, 7.2, 12.1, 12.2, 12.3	NOCHE	SUPERFICIAL	23:00 - 01:24	2,4 horas

Tabla 6: Distribución de horarios de funcionamiento de las fuentes asociadas a cada estación

Posteriormente, en el modelo, se procede a introducir para cada fuente, superficial o lineal, su periodo de funcionamiento. Dado que en las etapas posteriores se procede a realizar divisiones geométricas de determinadas fuentes con el fin de

calibrar el modelo, se ha elaborado un modelo para cada periodo del día. A continuación se muestra el ejemplo de la fuente FLAX1 para el periodo nocturno.

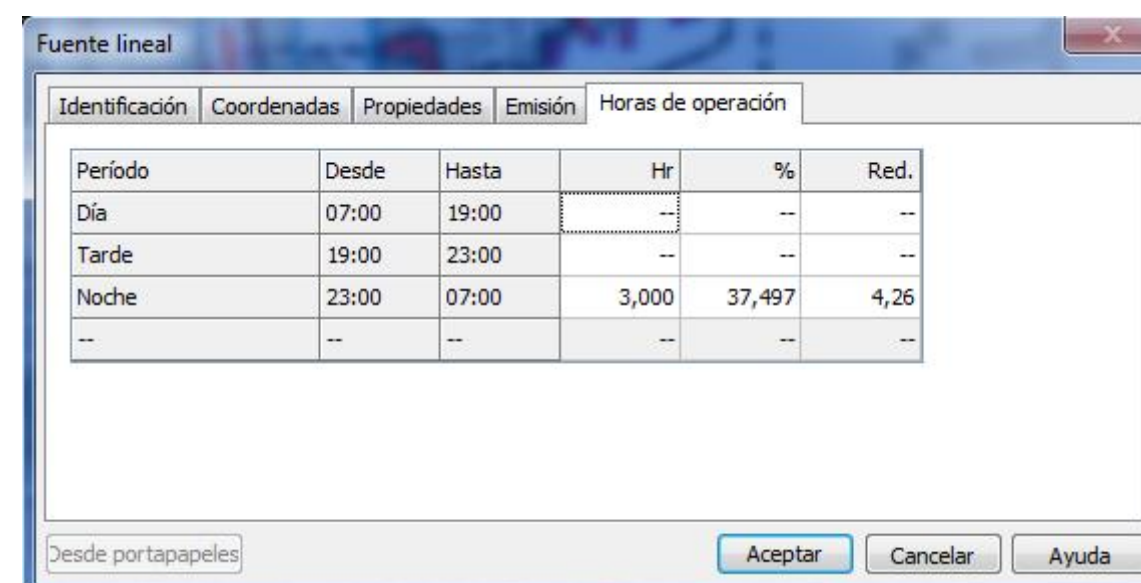


Imagen 23: Introducción de periodos de funcionamiento en el modelo. Fuente FLAX1 - Periodo noche.

### 8.3.- CONFIGURACIÓN DEL CÁLCULO

Una vez elaborado el modelo geométrico de la zona de estudio e introducidas las fuentes, se deben configurar adecuadamente los parámetros de cálculo, de acuerdo a la Directiva 2002/49/CE, y RD 1513/2005, para que el resultado se adecúe lo máximo a situación acústica real.

Descripción	Propiedades	Ajustes de cálculo	Resumen
Nivel del terreno predet.		0	
Altura de cálculo de contornos		4	
Result. de receptor detall.		Result. totales	
Result. de malla detall.		Result. totales	
Optimización de cálculos en		Sí	
Radio de búsqueda [m]		2000	
Corrección meteorológica		Sin corrección meteorológica	
Atenuación terreno		Método general, factor terreno = 0,0	
Temperatura [K]		292,15	
Presión [kPa]		101,330	
Humed. aire [%]		56,0	
Máx. aten. barrera		Según ISO 9613-1: 20 / 25	
Edificios en lotes		Sí	
Remover paredes internas		Sí	
Absorción aire [dB/km]		0,03 0,11 0,42 1,26 2,67 4,57 9,44 27,67 97,42	

Código	Descripción	Desde	Hasta
Día	Periodo Día	07:00	19:00
Tarde	Periodo Tarde	19:00	23:00
Noche	Periodo Noche	23:00	07:00
		00:00	00:00

Código	Descripción	Valor	Operación	descart. período
Lden	Lden	0,0	+Día	<input type="checkbox"/>
		5,0	+Tarde	<input type="checkbox"/>
		10,0	+Noche	<input type="checkbox"/>
		0,0	+	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabla 7: Resumen de parámetros de cálculo generales del modelo

### 8.3.1.- INCORPORACIÓN DE ÁREAS DE ABSORCIÓN DEL SUELO

Uno de los factores que más afectan a la hora de realizar modelos acústicos es la atenuación que genera el terreno o "Ground Factor" (G), que determina una mayor o menor propagación de las ondas sonoras en función del tipo de superficie. Su valor oscila entre 0 (reflectante o "hard" en términos acústicos) y 1 (absorbente o "soft" en términos acústicos)

Por norma general, las zonas urbanas se considerarán reflectantes, y las no urbanas, absorbentes, por lo que, para el presente estudio dada la naturaleza urbana del terreno, la no presencia de grandes superficies ajardinadas en el ámbito de estudio, y atendiendo a lo indicado en la Guía de Buenas Prácticas en la toolkit 13, en relación dicho parámetro, **se ha tomado un factor de absorción de suelo de G = 0.**

### 8.3.2.- CONDICIONES DE PROPAGACIÓN DE RUIDO FAVORABLE

Se han configurado los valores correspondientes a un **50% en periodo diurno, 75% en periodo de tarde y 100% en periodo nocturno**, atendiendo a lo recomendado en la Toolkit 17 de la "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure" publicada por

el Grupo de Trabajo de la Unión Europea "European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN)" en el año 2006.

### 8.3.3.- CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Se han introducido los datos medios correspondientes al área bajo estudio (**T: 292,15 °K, P: 101,33 KPa, HR: 56,0**), obtenidos de las estaciones meteorológicas existentes y los sensores de las estaciones de monitorización.

### 8.3.4.- PROPAGACIÓN DEL SONIDO

El cálculo de la atenuación sufrida por las ondas sonoras en el medio ambiente exterior se ha obtenido de acuerdo a los procedimientos de la ISO 9613-2.

### 8.3.5.- ORDEN DE REFLEXIÓN

El número de reflexiones que se considera en el método de cálculo para obtener los niveles de ruido en cada uno de los receptores evaluados es de 1 para todo el estudio, según lo indicado en la norma ISO 9613-2.

### 8.3.6.- PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

El programa de modelización contempla los parámetros de evaluación de acuerdo a las especificaciones de la normativa de ruido, siendo los relativos a los periodos horarios correspondientes a **L<sub>día</sub> (07:00 – 19:00 horas), L<sub>tarde</sub> (19:00 – 23:00 horas), L<sub>noche</sub> (23:00 – 07:00 horas)**, todos en dBA, a una **altura de evaluación de 4 metros.**

### 8.3.7.- MALLA DE CÁLCULO

Para la determinación del mapa de ruido, la evaluación sonora se ha realizado mediante mallas de receptores situadas **a 4 metros de altura** sobre el terreno con una **resolución de 1 x 1 metro.**

### 8.3.8.- EVALUACIÓN DE FACHADAS DE EDIFICIOS

Por recomendación en la Guía de Buenas Prácticas (apartado 2.43), se han asignado receptores en cada una de las alturas de los edificios, considerando 4 metros para la primera planta y 3 metros para las sucesivas, estableciendo los mismos a 0.1

metros de la fachada de los edificios, y con una separación máxima entre ellos de 3 metros, si bien los índices de evaluación sólo se han calculado a 4 m de altura para el presente estudio.

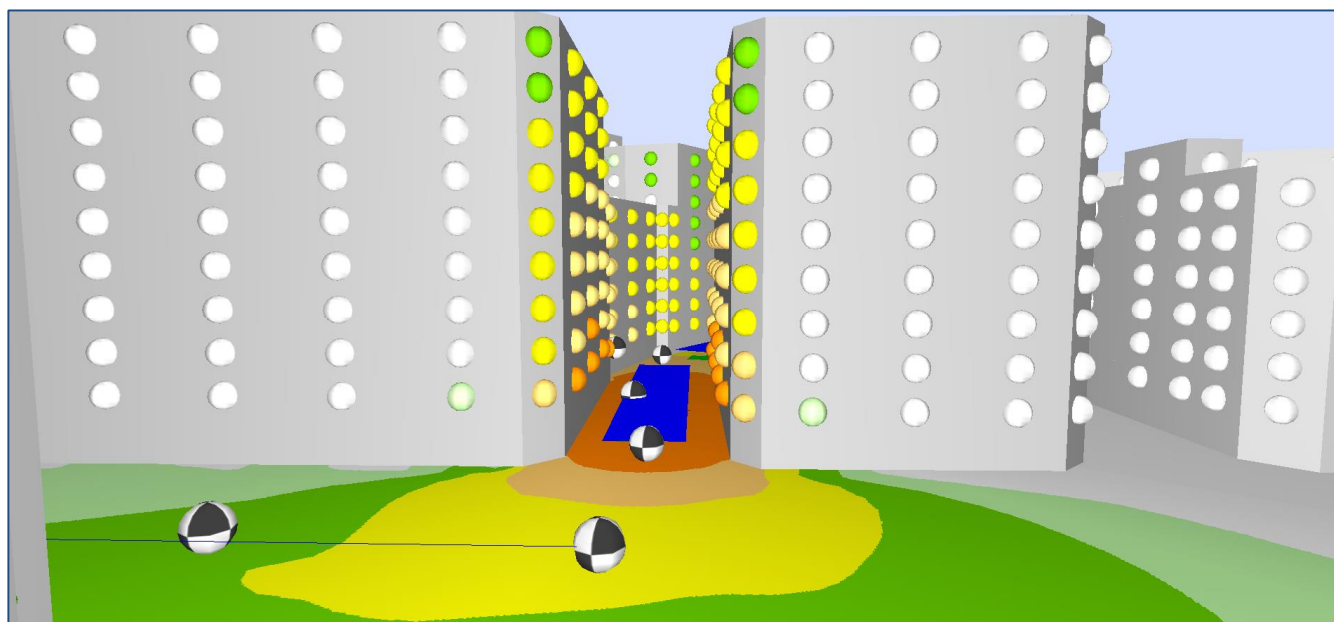


Imagen 24: Modelo 3D con receptores para la evaluación en fachada a distintas alturas.

#### 8.4.- CONSIDERACIONES ACERCA DE LA INTERFERENCIA DE OTROS TIPOS DE RUIDO DISTINTOS A LOS PROCEDENTES DEL OCIO

Uno de los principales problemas que se dan a la hora de correlacionar el ruido registrado en estaciones de monitorización en continuo con el procedente, única y exclusivamente, de actividades de ocio, se deriva de la imposibilidad técnica en muchos casos, de discriminar entre los ruidos de distinta tipología que recoge la estación, como por ejemplo: tráfico viario, ferro-tranviario, carga y descarga de mercancías, obras y trabajos en vía pública, limpieza urbana y, por supuesto, ocio.

Aunque en el presente estudio se han seleccionado las ubicaciones de las estaciones de manera estratégica, en determinados casos la ubicación ha estado condicionada por la disponibilidad de un punto de corriente o soporte estable para la colocación del equipo, y no ha sido posible colocarlas en puntos donde el tráfico no interfiriese. Es el caso de las estaciones 1.2 (Alfonso X), 5.1 (Beato Hibernon), 5.6 (Saavedra

Fajardo) y, en menor medida por no ser tan transitada, la estación 3.3 (Enrique Villar).

Para la determinación de los mapas de isófonas, dicha interferencia no tiene por qué influir de forma muy determinante, dado que las mediciones de corta duración para la calibración del modelo (receptores), se han realizado en ausencia de tráfico, o cualquier otro tipo de ruido de los indicados anteriormente. No obstante, como se describirá en el apartado de calibración, dichas medidas requieren un procesado ya que corresponden a medidas puntuales de ruido de ocio, y para calibrar el modelo se requiere que sean valores integrados y extendidos a los distintos periodos estudiados (día, tarde y noche), y en ese caso, al igual que se hizo con las fuentes, hay que hacer la comparativa con la estación que recoge tanto tráfico como el resto de tipologías, y que hay que intentar segregar en la medida de lo posible, los ruidos que no proceden del ocio.

Por otro lado, para la evaluación del cumplimiento de los objetivos de calidad acústica, como se verá en el apartado 10 del presente estudio, y más concretamente debido a lo indicado en el Artículo 15b del RD 1367/2007, se requiere la evaluación del muestreo directo realizado por las estaciones de monitorización, que claramente recogen todas las tipologías de ruido mencionadas.

Con el fin de intentar segregar dos tipos de ruido distintos del de ocio, de los que si se han podido realizar estimaciones en cuanto a su participación en los registros de las estaciones en continuo, a continuación se expone la metodología empleada para las correcciones por limpieza viaria y por tráfico.

#### 8.4.1.- CORRECCIONES POR LIMPIEZA VIARIA

Para poder discriminar el ruido derivado de la limpieza viaria<sup>6</sup>, se ha procedido al estudio del perfil acústico de cada una de las estaciones encontrándose que, durante la madrugada del lunes al martes, en la que claramente no hay ruido asociado al ocio, son fácilmente identificables los picos asociados a limpieza viaria<sup>7</sup>.

De esta forma, a partir de un día tipo, se ha procedido a determinar dichos picos. La diferencia encontrada entre "con" LV y "sin" LV, se ha restado del Ln calculado para todos los periodos noche de la estación de cara a evaluar el cumplimiento del artículo 15b del RD 1367/2007, así como de los registros de cada una de las estaciones a partir de la hora de finalización del ocio nocturno, a la hora de procesar las medidas en recepción usadas para calibrar el modelo.

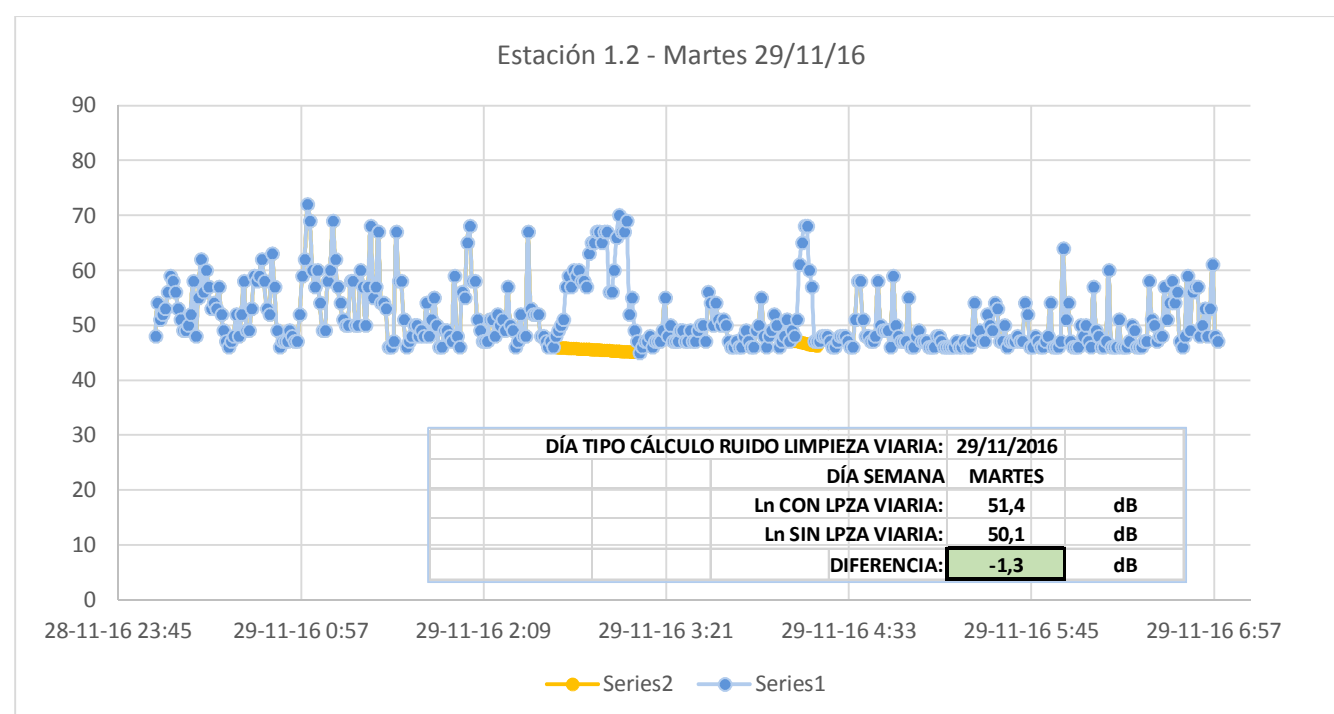


Imagen 25: Determinación de picos asociados a Limpieza Viaria y cálculo de la corrección, tomando como base los registros del martes 29/11/2016. Estación 1.2 – Alfonso X.

<sup>6</sup> Nos referimos en todo momento a limpieza viaria en horario nocturno, entre 00:00 y 07:00 horas, distinguible a partir del perfil acústico de la estación, dado que la diurna requeriría un seguimiento detallado de todas las máquinas barreadoras a pie de campo, debido a las interferencias con otras tipologías de ruidos.

#### 8.4.2.- CORRECCIONES POR RUIDO DE TRÁFICO

La corrección por tráfico se ha aplicado a aquellas estaciones en las que por su situación se podían ver sometidas a interferencia por tráfico: Estación 1.2 – Alfonso X, Estación 5.1 – Beato Hibernón y Estación 5.6 – Saavedra Fajardo.

Para realizar dicha corrección, a partir de los aforos disponibles facilitados por el Servicio de Tráfico para Gran Vía Alfonso X y c/Saavedra Fajardo, se ha procedido a modelar el tráfico viario de la zona de forma similar a como se obtuvo el Mapa Estratégico del Municipio de Murcia, año 2011, fase 2<sup>8</sup>. A partir del modelo realizado, se han determinado los niveles de ruido promedio diarios derivados del tráfico para las estaciones referidas, a la altura de 4m, procediéndose posteriormente a restarlo energéticamente del medido por dicha estación en todos los periodos día, tarde y noche, para segregarse del ruido de ocio, a efectos de evaluar el cumplimiento del artículo 15.b del RD 1367/2007, como se muestra en las imágenes siguientes.

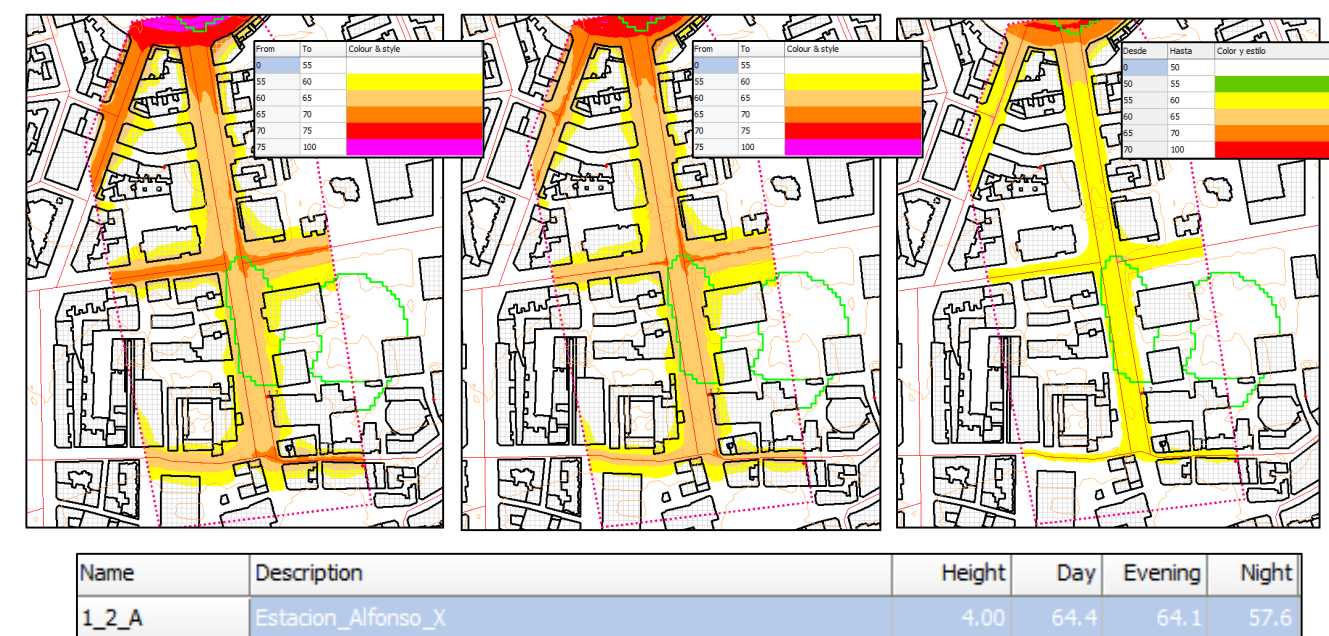


Imagen 26: Determinación de niveles acústicos asociados al tráfico en Gran Vía Alfonso X y Estación 1.2 a 4m de altura.

<sup>7</sup> Hablamos de picos mantenidos durante más de 10 minutos, no picos puntuales que podrían derivarse del tráfico.  
<sup>8</sup> Método nacional de cálculo francés "NMPB-Routes-96 y norma francesa "XPS 31-133", según lo establecido en el Anexo II del RD 1513/2005 para los métodos de cálculo de índices de ruido.

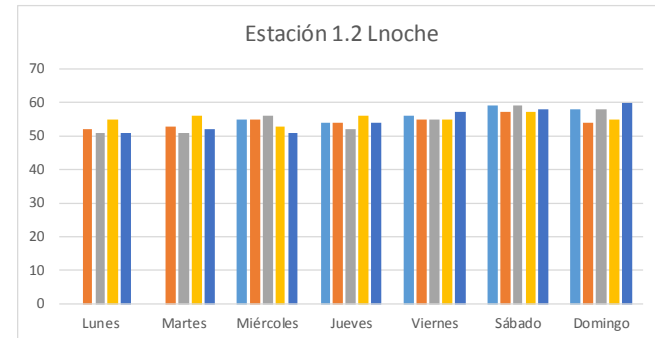
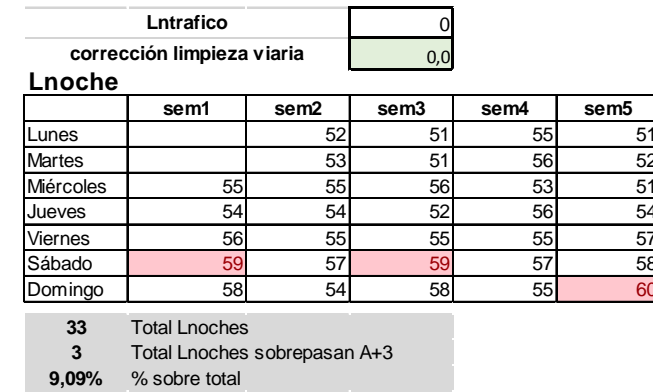
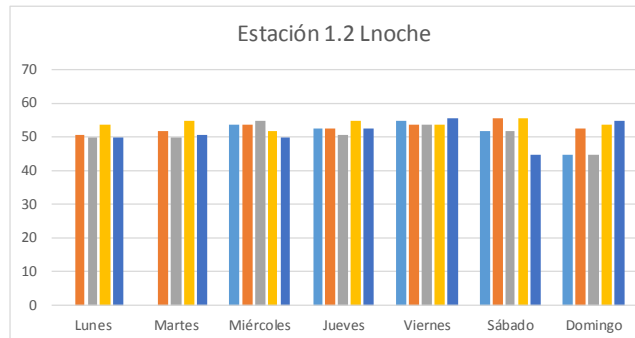
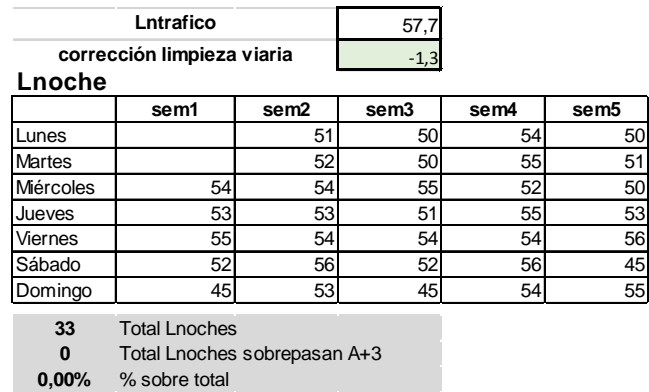
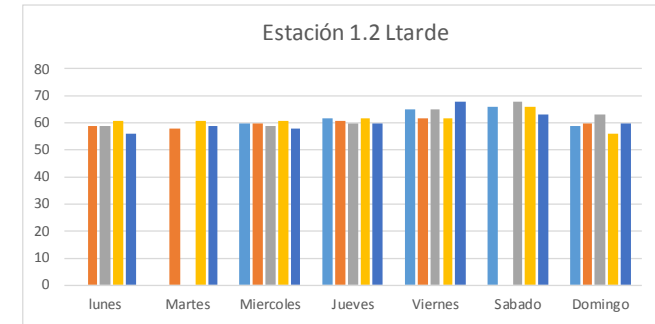
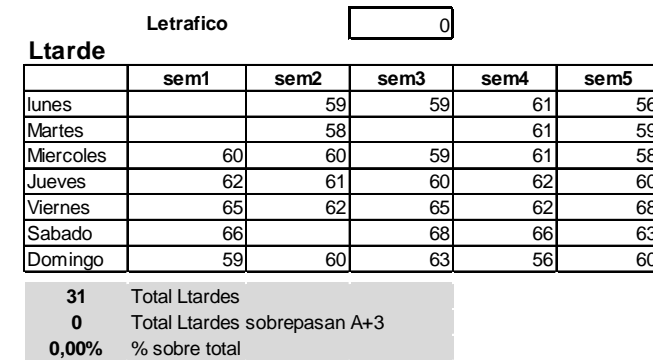
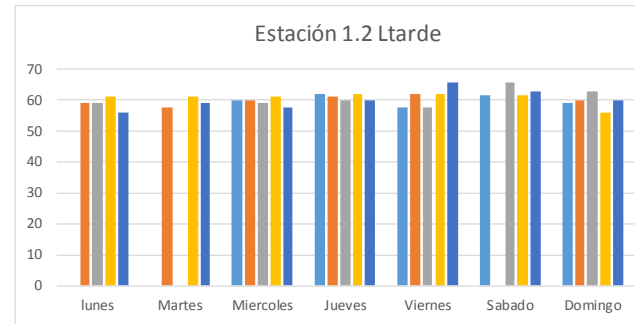
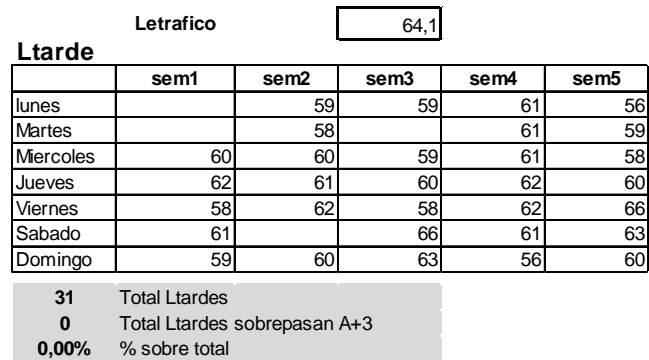
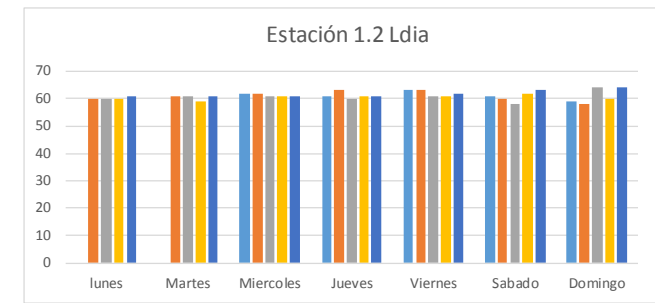
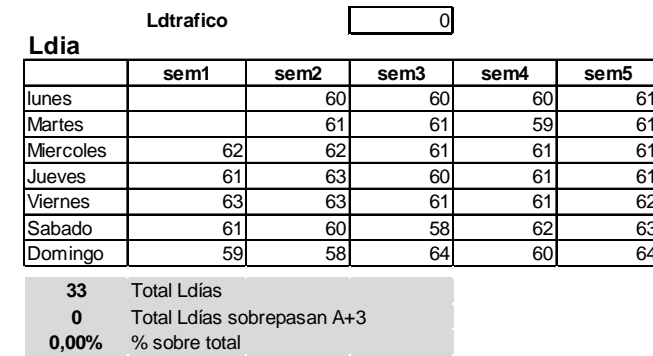
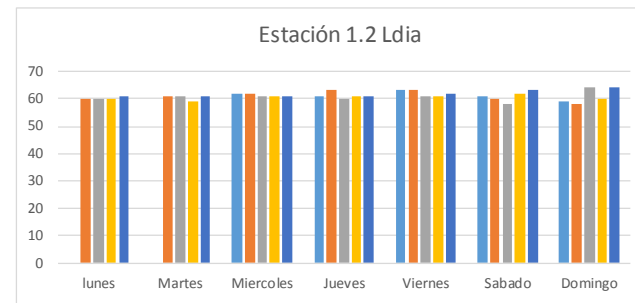
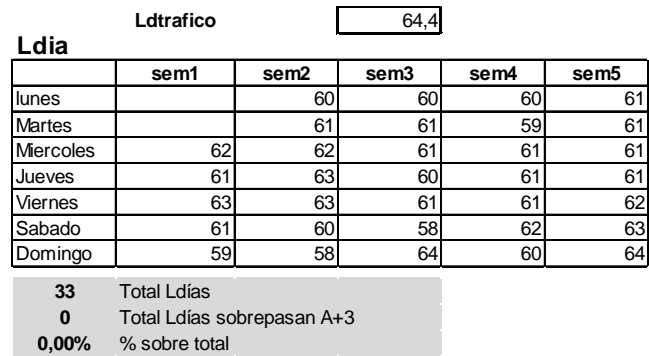


Imagen 27: Evaluación del cumplimiento del artículo 15b del RD 1367/2007 en la Estación 1.2 – Alfonso X, una vez segregados ruidos procedentes del tráfico y limpieza.

Imagen 28: Evaluación del cumplimiento del artículo 15b del RD 1367/2007 en la Estación 1.2 – Alfonso X, sin realizar segregación de otros tipos de ruido.

### 8.5.- CALIBRACIÓN DEL MODELO

Una vez caracterizadas completamente las fuentes y ajustados los parámetros de configuración del cálculo, se procede al ajuste del modelo comparando los valores calculados por el modelo con los obtenidos mediante las medidas de corta duración realizadas en los puntos receptores que se utilizan para calibrar, mediante un proceso iterativo que se resume a continuación:

- 1) Cálculo del modelo
- 2) Comparación del valor calculado con el medido en los receptores
- 3) Corrección de emisión y/o geométrica de las fuentes: Se pueden llegar a dividir las fuentes en varias partes si en una zona necesitamos "subir" la emisión y en otras "bajar" para que el valor calculado se vaya acercando al medido.

El proceso anterior se lleva a cabo hasta que las diferencias entre el valor medido y el calculado están en torno a  $\pm 3\text{dB}^9$ .

#### 8.5.1.- CONSIDERACIONES ACERCA DE LA CARACTERIZACIÓN Y PROCESADO DE RECEPTORES

Al igual que ocurre con las fuentes, las mediciones itinerantes de corta duración realizadas alrededor de las mismas para su uso como receptores para calibración son puntuales, y por consiguiente se deben procesar en concordancia con la estación de monitorización más cercana.

El procesado de los receptores, se ha realizado comparando el momento del día en el que se toma la medida real (sin tráfico ni otra tipología de ruido que pueda interferir), con la tendencia aportada por la estación, a la que se le ha restado el

efecto de la limpieza viaria (sólo en el periodo nocturno, y a partir de la hora de finalización del ocio).

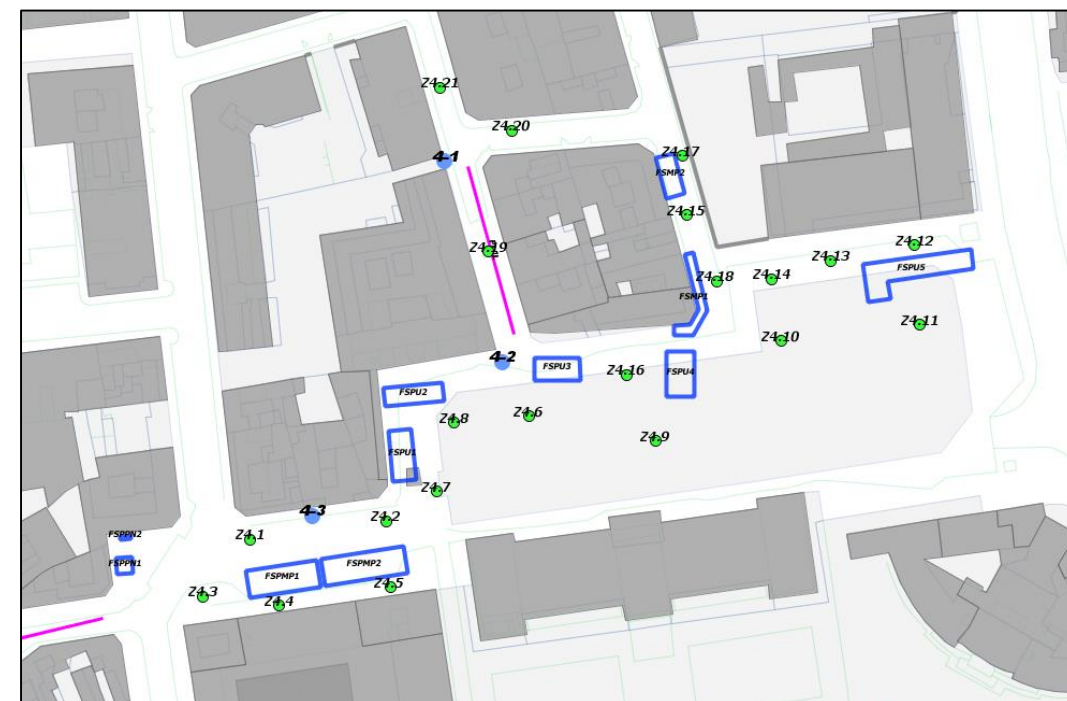


Imagen 29: Distribución de receptores para calibración del modelo en zona Universidad

Respecto a las características geométricas de los receptores, se ha considerado una altura de 1,5m (altura para la que se realizan las mediciones).

Como consecuencia del proceso iterativo anterior, que puede conllevar varias simulaciones hasta minimizar la diferencia entre valor medido y calculado en un punto, se generan nuevos coeficientes de calibración que se suman a los de corrección de fuentes obtenidos en el apartado 8.2.3, para dar unos coeficientes totales a aplicar a los espectros de emisión introducidos en el modelo. A su vez, las fuentes pueden llegar a dividirse en más de una ocasión en el proceso de ajuste, resultando finalmente una configuración geométrica distinta a la de partida, sin que ello afecte a la superficie de emisión.

<sup>9</sup> De acuerdo con lo establecido en Guía de Buenas Prácticas para la Realización de Mapas de Ruido y la Producción de Datos Asociados a la Exposición al Ruido (Versión 2, 13/01/2006).



A continuación, se muestran los espectros de emisión de las fuentes de La zona de Universidad (Tabla 8) con sus coeficientes una vez minimizadas las diferencias entre los valores medidos y calculados para los receptores (Tabla 9), así como la configuración geométrica y resultado en isófonas para la Plaza de la Universidad – Menéndez Pelayo (Imagen 30), en periodo tarde, y los formularios de introducción de datos del modelo:

FUENTE	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LwA	COEF CORRECCIÓN LwA	COEF CALIBRACIÓN	TOTAL CORR.
FSPMP1_1		68,6	66,8	68,4	73,1	70,7	68,2	61	45,1	75,2	1,18	-11,18	-10
FSPMP1_2		68,6	66,8	68,4	73,1	70,7	68,2	61	45,1	75,2	1,18	-18,18	-17
FSPMP2_1		65,7	69,1	70,3	76,4	74,6	71,7	64,3	47,9	78,7	1,52	-17,32	-15,8
FSPMP2_2		65,7	69,1	70,3	76,4	74,6	71,7	64,3	47,9	78,7	1,52	-34,52	-33
FSPU1		66,2	68,3	68,4	73,3	70,1	67,7	59,5	46,5	74,8	-0,24	-6,56	-6,8
FSPU2		66,3	70,9	68,6	71,9	68,4	65,2	58,5	47,9	73,2	-0,2	-16,3	-16,5
FSPU3_1		67,5	66,7	69,5	76	71,7	69	61	46,6	76,7	0,35	-5,65	-5,3
FSPU3_2		67,5	66,7	69,5	76	71,7	69	61	46,6	76,7	0,35	-13,65	-13,3
FSPU4		69,2	65,9	70,8	76,8	74,5	70,6	63,5	49,7	78,5	-0,17	-16,33	-16,5
FSPU5_1		66,7	69,8	71,6	76,2	73,1	69,9	62,3	50,6	77,6	0,1	-8,1	-8
FSPU5_2		66,7	69,8	71,6	76,2	73,1	69,9	62,3	50,6	77,6	0,1	-10,1	-10
FSSMP1_1		80,1	75,4	72,2	77,2	76,1	72,3	64,8	48,7	79,8	0,35	-13,85	-13,5
FSSMP1_2		80,1	75,4	72,2	77,2	76,1	72,3	64,8	48,7	79,8	0,35	-11,85	-11,5
FSSMP2_1		70,7	68,4	71,2	77,8	75,3	71,8	63,3	49	79,4	-0,08	-12,62	-12,7
FSSMP2_2		70,7	68,4	71,2	77,8	75,3	71,8	63,3	49	79,4	-0,08	-21,92	-22
FLJL2_1		62,9	60,2	62,3	67,6	63,6	59,1	49,6	35,8	68,1	-0,71	-12,19	-12,9
FLJL2_2		62,9	60,2	62,3	67,6	63,6	59,1	49,6	35,8	68,1	-0,71	5,71	5

Tabla 8: Espectros emisión fuentes Zona Universidad y Correcciones. Periodo Tarde



Imagen 30: Modelo definitivo calibrado, con geometría final y datos asociados para zona Plaza Universidad – Menéndez Pelayo en periodo tarde.

Datos definitivos fuente FSPMP 1-1.

ID RECEP.	Periodo	hora	LAeq medida	LAeq estacion	Medida - Estación (CORREC.)	Le MEDIDA CORRE G.	Niveles receptor modelo sin corregir	Le - nivel receptor	Niveles receptor modelo calibrado	Le - nivel receptor calibrado
Z4.6	TARDE	19:47	60,2	63,7	-3,5	60,0	67,5	-7,5	57,8	2,2
Z4.7	TARDE	19:37	56,7	64,0	-7,3	56,2	68,3	-12,1	53,5	2,7
Z4.8	TARDE	19:38	54,1	63,7	-9,7	53,8	66,7	-12,9	56,6	-2,8
Z4.9	TARDE	19:53	53,4	63,2	-9,8	53,7	66,2	-12,5	52,8	0,9
Z4.10	TARDE	19:54	52,8	63,6	-10,9	52,6	66,7	-14,1	55,0	-2,4
Z4.11	TARDE	19:58	62,0	64,1	-2,1	61,3	68,7	-7,4	58,9	2,4
Z4.12	TARDE	19:57	61,9	63,9	-2,0	61,4	74,2	-12,8	64,1	-2,7
Z4.13	TARDE	19:56	60,6	64,0	-3,4	60,0	68,7	-8,7	59,0	1,0
Z4.14	TARDE	19:56	54,4	64,0	-9,6	53,8	67,5	-13,7	55,8	-2,0
Z4.15	TARDE	19:55	61,5	63,8	-2,3	61,2	71,4	-10,2	58,3	2,9
Z4.16	TARDE	19:51	54,7	63,9	-9,3	54,2	69,4	-15,2	56,5	-2,3
Z4.17	TARDE	20:01	55,8	64,3	-8,5	55,0	74,6	-19,6	57,5	-2,5
Z4.18	TARDE	19:58	64,4	64,1	0,3	63,7	73,8	-10,1	61,3	2,4

Tabla 9: Procesado de receptores en Zona Universidad – Periodo Tarde

Para las tablas anteriores, se define a continuación el significado de cada uno de los parámetros:

- Coef Corrección LwA: Coeficiente de corrección en dBA obtenido de correlacionar la fuente con la estación según el método gráfico descrito en el apartado 8.2.3
- Coef Calibración: Coeficiente de corrección aplicado durante el proceso iterativo de calibración, para conseguir errores en receptores de  $\pm 3$ dB.

- Total Corr.: Suma de los dos coeficientes anteriores (coeficiente total de corrección de cada fuente)
- LAeq medida: Nivel sonoro equivalente ponderado A de la medida realizada para calibrar en el tiempo de realización de la medición (mínimo 5 segundos)
- LAeq estación: Nivel sonoro equivalente ponderado A de la estación de monitorización en continuo más próxima en el momento de realizar la medición de calibración.
- Medida Estación Correc.: Diferencia entre los dos valores anteriores.
- Le Medida Correg.: Valor de la medición para calibración (receptor) integrada a todo el periodo (día, tarde o noche), una vez correlacionada con la estación más próxima.
- Niveles receptor modelo sin corregir: Niveles de intensidad acústica calculados por el modelo en la misma ubicación que los receptores para calibración en la primera iteración (antes de calibrar).
- Le – nivel receptor: Diferencia entre los dos valores anteriores.
- Niveles receptor modelo calibrado: Niveles de intensidad acústica calculados por el modelo en la misma ubicación que los receptores para calibración en la última iteración (después de calibrar).
- Le – nivel receptor calibrado: diferencia entre Le Medida corregida y los niveles calculados en cada receptor para el modelo calibrado (en torno a  $\pm 3\text{dB}$ ).

El proceso realizado para el resto de las fuentes, receptores y zonas de estudio estudiadas se encuentra descrito en el anexo A.2 para cada periodo.

## 9.- OBJETIVOS CALIDAD ACÚSTICA Y AFECCIÓN

### 9.1.- LÍMITES DE REFERENCIA

Para determinar los indicadores y los niveles límites de referencia que nos permitan evaluar la afección a la población del ruido ambiental, se ha acudido a la legislación vigente en materia de objetivos de calidad acústica que viene fijada en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, concretamente lo recogido en el CAPÍTULO III "Zonificación acústica. Objetivos de calidad acústica" y en el CAPÍTULO IV "Procedimientos y métodos de evaluación de la contaminación acústica".

*Según el artículo 14. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas acústicas:*

*1. En las áreas urbanizadas existentes se establece como objetivo de calidad acústica para ruido el que resulte de la aplicación de los siguientes criterios:*

*a) Si en el área acústica se supera el correspondiente valor de alguno de los índices de inmisión de ruido establecidos en la tabla A, del anexo II, su objetivo de calidad acústica será alcanzar dicho valor.*

### ANEXO II

#### Objetivos de calidad acústica

**Tabla A. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes.**

Tipo de área acústica	Índices de ruido		
	$L_d$	$L_e$	$L_n$
e Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
a Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
d Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65
f Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen. (1)	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

(1) En estos sectores del territorio se adoptarán las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica de entre las mejores técnicas disponibles, de acuerdo con el apartado a), del artículo 18.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

Nota: Los objetivos de calidad aplicables a las áreas acústicas están referenciados a una altura de 4 m.

Tabla 10: Objetivos de Calidad Acústica – Tabla A, Anexo II, RD 1367/2007

En relación al tipo de área f se aplicará el Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Como se puede observar en la tabla anterior los objetivos se establecen para los índices de ruido,  $L_d$ ,  $L_e$  y  $L_n$ , cuya definición según el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, es:

- $L_d$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos día (de 07:00 a 19:00 horas) de un año.

- $L_e$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos tarde (de 19:00 a 23:00 horas) de un año.
- $L_n$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos noche (de 23:00 a 07:00 horas) de un año.

A efectos de aplicar los valores objetivos de calidad acústica, los índices definidos se referencian a una altura de 4m.

De acuerdo con lo anterior, y dadas las características de las zonas de estudio como áreas urbanizadas existentes predominantemente residenciales, se aplicarán, de cara a la evaluación de objetivos de calidad acústica y población afectada, los índices  $L_d = 65$ ;  $L_e = 65$ ;  $L_n = 55$ , correspondientes a áreas acústicas "tipo a".

La única zona que podría ser calificada como "tipo e", a efectos de zonificación acústica, es la correspondiente al campus de la Merced.

## 9.2.- METODOLOGÍA PARA ELABORAR LA POBLACIÓN AFECTADA

La determinación de la situación acústica de un municipio a partir de los mapas de niveles sonoros requiere el análisis de la afección del ruido sobre la población. En esta línea, la normativa establece que debe estimarse el número de personas expuestas a ciertos rangos de niveles de presión sonora, sin entrar en detalles técnicos de cómo proceder.

Existen diferentes métodos para determinar los niveles de exposición en fachada para cada uno de los edificios, conforme a la normativa y a las guías de trabajo internacionales en materia de contaminación acústica. Cada uno de estos métodos establece unas pautas de trabajo que determinan resultados de exposición que pueden ser más o menos precisos con respecto a la situación real.

A la hora de ejecutar algunos de estos métodos deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Grado de desviación de los resultados con respecto a la realidad.
- Recursos temporales y humanos necesarios para implantar el método.
- Hipótesis o aproximaciones a tener en cuenta frente a los datos disponibles de la población.

La determinación de los resultados de población expuesta a distintos rangos de niveles de presión sonora en base a procedimientos estandarizados, permitirá la comparación de los mismos con los resultados de otros municipios o territorios. En esta línea, la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, con el fin de determinar la exposición al ruido ambiental de los Estados Miembros, establece en su Anexo VI que deberá comunicarse a la comisión europea, para el caso de las aglomeraciones sobre las que se realice el Mapa Estratégico de Ruidos (MER), la siguiente información:

- Número estimado de personas (expresado en centenas) cuyas viviendas están expuestas a cada uno de los rangos siguientes de valores de  $L_{den}$  en dBA a una altura de 4 m sobre el nivel del suelo en la fachada más expuesta: (55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75), distinguiendo entre el tráfico rodado, el tráfico ferroviario, el tráfico aéreo y las fuentes industriales.
- El número total estimado de personas (expresado en centenas) cuyas viviendas están expuestas a cada uno de los rangos siguientes de valores de  $L_n$  en dBA a una altura de 4 m sobre el nivel del suelo en la fachada más expuesta: (50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70), distinguiendo entre el tráfico rodado, ferroviario, aéreo y las fuentes industriales.

Este planteamiento, que denominaremos método END (*European Noise Directive*), es el que debe utilizarse para entregar los resultados a la comisión europea, siendo también habitual para la entrega al resto de Administraciones. Sin embargo, como se demostrará en apartados posteriores, es el procedimiento que proporciona peores resultados con respecto a la exposición real de la población, dando resultados de población afectada a distintos rangos de niveles sonoros muy superiores a la realidad.

**La consideración única del método END puede dar lugar a resultados preocupantes sobre la situación acústica de los distintos escenarios acústicos que se pudiera plantear**, por lo que resulta necesario plantear otros métodos que, de forma adicional, nos arrojen resultados que no sobreestimen la población expuesta.

En los siguientes apartados se presentarán y detallarán dos procedimientos distintos de cálculo de población expuesta, indicando el grado de aproximación, los recursos que requieren su ejecución y su metodología, con el fin de realizar una valoración de cada uno y seleccionar aquel que nos pueda dar una mejor estimación de la población afectada.

### 9.2.1.- MÉTODO END

Como ya se ha comentado, el método END (*European Noise Directive*) se presenta en la Directiva Europea 2002/49/CE como un método para satisfacer la obligación de proporcionar a la comisión europea los datos del número estimado de personas cuyas viviendas están expuestas a diferentes rangos de  $L_{den}$  y  $L_{noche}$ , a una altura de 4 metros sobre el nivel del suelo en la **fachada más expuesta**, distinguiendo tráfico rodado, ferroviario, aéreo y fuentes industriales.

Esta estimación del ruido soportado por cada fachada requiere del cálculo de receptores específicos en cada una de las fachadas de los edificios, a una altura

relativa de 4 metros respecto al suelo y tomando las consideraciones necesarias para excluir las reflexiones acústicas de la propia fachada como ruido incidente en el propio receptor. Este cálculo determinará la fachada más expuesta, como aquella que soporte mayor nivel de presión sonora.

El planteamiento que define este método supone que **todos los habitantes de cada edificio están sometidos al mayor nivel de presión sonora registrado en la fachada más expuesta**. Esta definición del procedimiento no se acerca a la situación real, en la que la población se distribuye a lo largo del edificio, en relación a la posición de las viviendas. Como se puede intuir, si bien este procedimiento podría dar resultados próximos a la realidad en el caso de viviendas unifamiliares, en el caso de edificios residenciales de varias viviendas se obtendría un resultado de población expuesta sobreestimado.

En la siguiente figura se puede apreciar un detalle de la aplicación de este método al caso de la zona de la Plaza de las Flores – Santa Catalina, representando para cada edificio residencial el nivel máximo soportado por la fachada más expuesta, para el indicador  $L_{dia}$  y considerando el conjunto de fuentes sonoras.

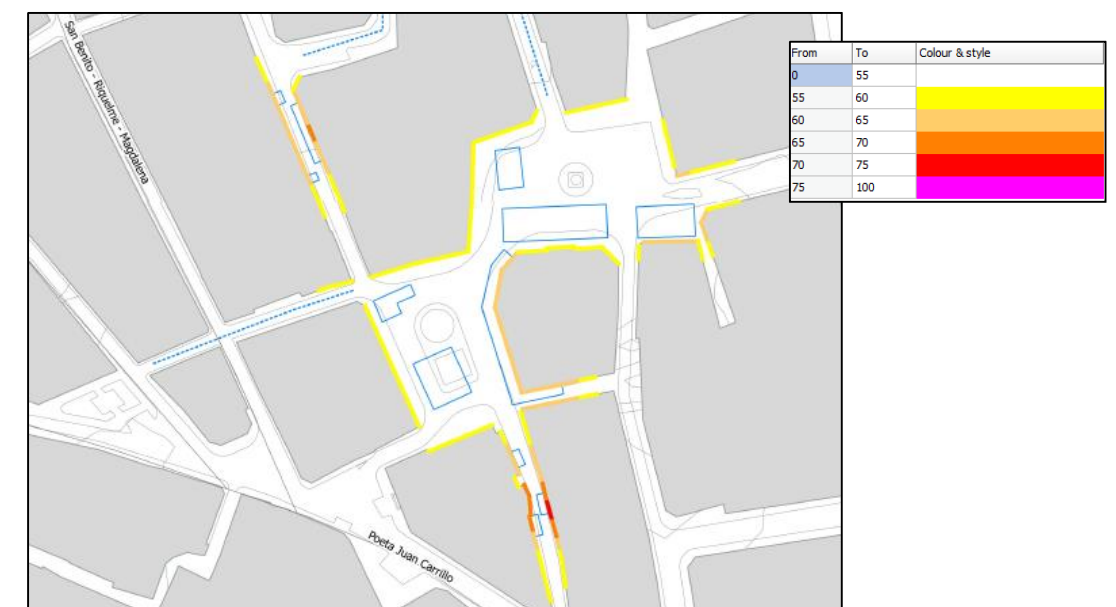


Imagen 31: Mapa de exposición en fachada, zona Plaza de las Flores – Santa Catalina.

### 9.2.2.- MÉTODO CNOSSOS-EU

El método alemán VBEB (*Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm*) permite obtener los valores reales de afección a los que se encuentra expuesta la población. Su procedimiento contempla la distribución de receptores de niveles de presión sonora a lo largo de las fachadas, estableciendo estos a diferentes niveles de altura en función del número de plantas.

Cada uno de estos receptores determinará **el nivel de presión sonora** al que se encuentra expuesta cada vivienda, **considerando el parámetro de altura**, a diferencia del método END expuesto anteriormente en el que la evaluación de la exposición se realizaba a 4 metros del suelo.

Esta metodología permite afinar los resultados al **distribuir la población de cada edificio a lo largo del perímetro en planta y de las alturas**. Como se puede intuir, los niveles de presión sonora evaluados a diferentes alturas proporcionarán resultados distintos, en función de la mayor o menor distancia a la fuente y las posibles reflexiones de los edificios del entorno, encontrándose, de esta forma, los habitantes de viviendas existentes en una misma planta, expuestos a distintos grados de afección.

## 10.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se presentan a continuación los datos obtenidos a través del tratamiento de la información registrada en las estaciones de monitorización y el proceso de simulación acústica (mapas de ruido y población afectada).

### 10.1.- MONITORIZACIÓN ACÚSTICA. MEDIDAS DE LARGA DURACIÓN

Para las estaciones de monitorización se han obtenido registros de temperatura, humedad, velocidad del viento y nivel acústico cada minuto. De estos datos se ha realizado un tratamiento gráfico-estadístico con el objeto de conseguir una mejor comprensión de la información recogida y una mejor caracterización acústica de cada zona, lo cual ha llevado a la elaboración de las siguientes gráficas:

- **Datos Globales:** Representación gráfica de todos los niveles acústicos minutales registrados para todas las semanas de funcionamiento.
- **Semana promedio:** Evolución semanal (lunes a domingo) del promedio minutal de los niveles acústicos minutales registrados.
- **Promedio diario:** Evolución diaria media, para cada día de las semana (lunes a domingo), del promedio de los niveles acústicos minutales registrados.
- **Comparativa día laboral vs día ocio:** Comparativa entre la evolución durante 24h de un día laboral (lunes, martes, miércoles, jueves) frente a la misma evolución de un día de ocio (viernes, sábado, domingo).
- **Día Promedio 24 h:** Evolución durante 24h, resultado del promedio minutal de todos los días de la semana durante todas las semanas de funcionamiento de la estación ("día tipo").

A modo de ejemplo, se muestran las gráficas obtenidas para la estación 1.1 (Pérez Casas). El resto de los resultados se presentan en el anexo A.3.

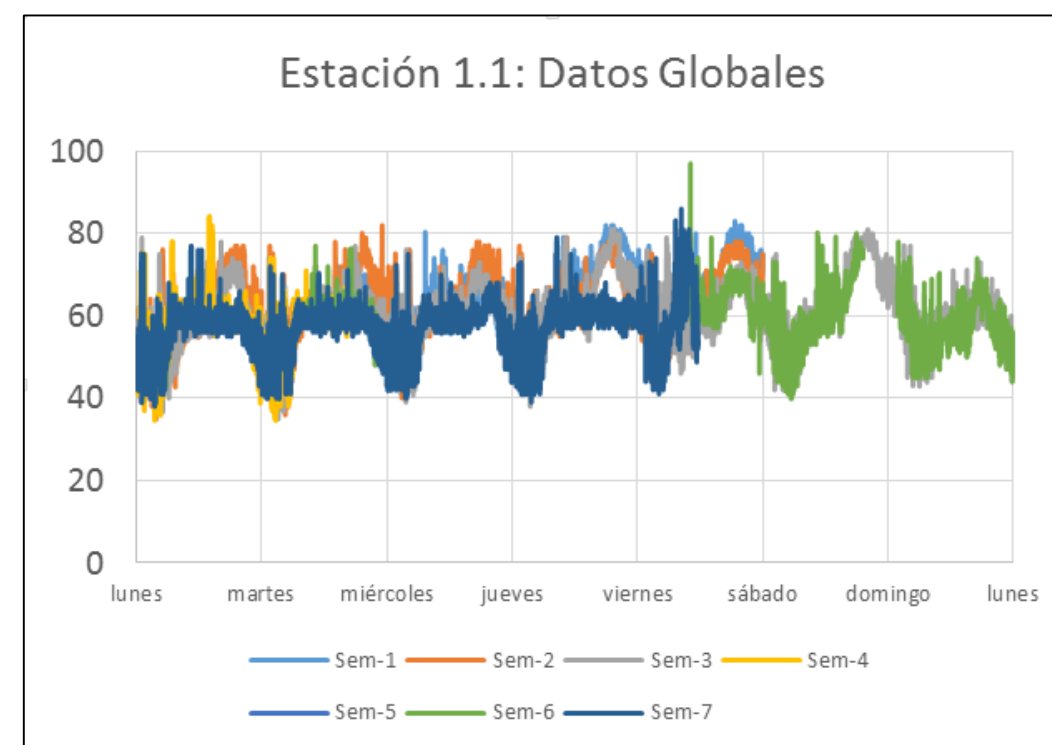


Imagen 32: Datos Globales Estación 1.1.

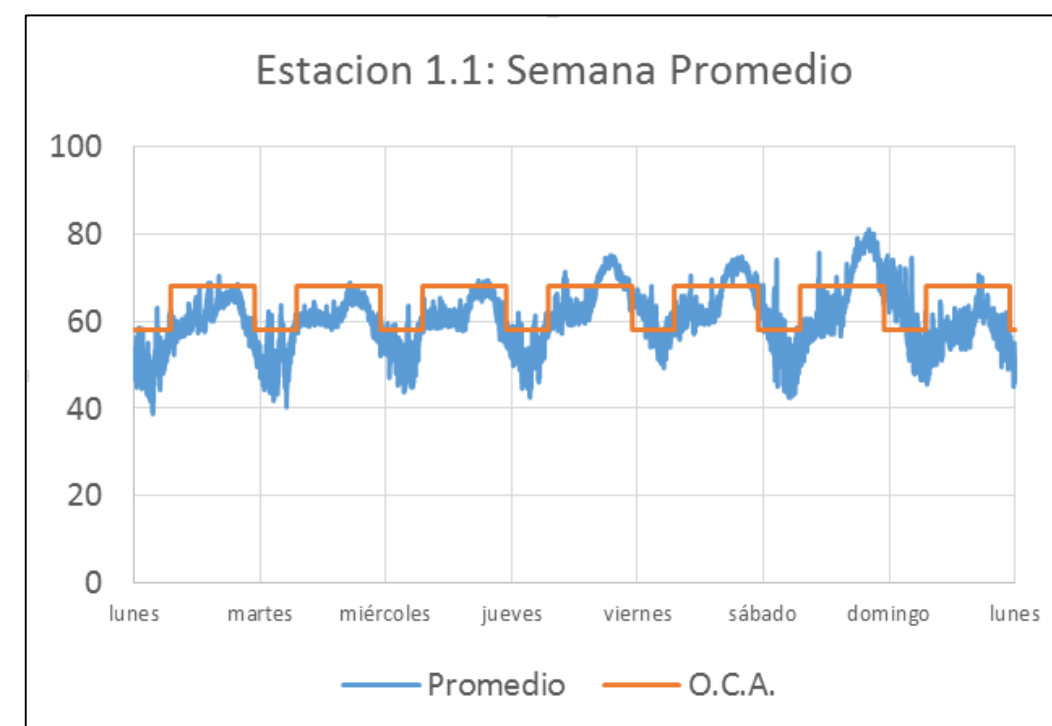


Imagen 33: Semana Promedio Estación 1.1.

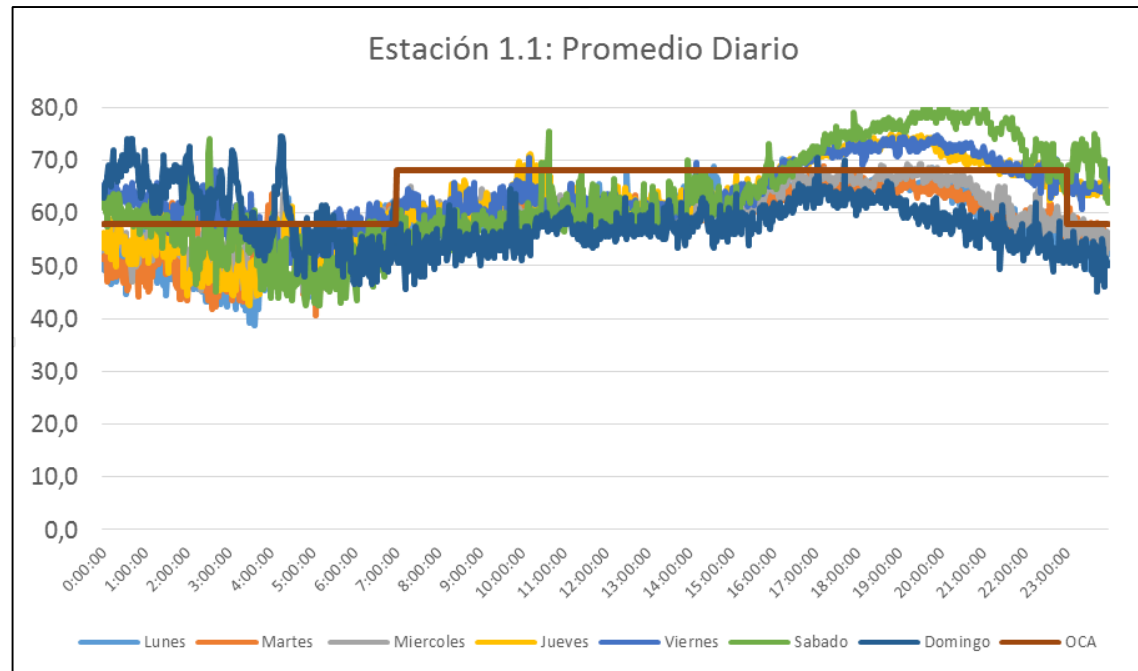


Imagen 34: Promedio Diario Estación 1.1.

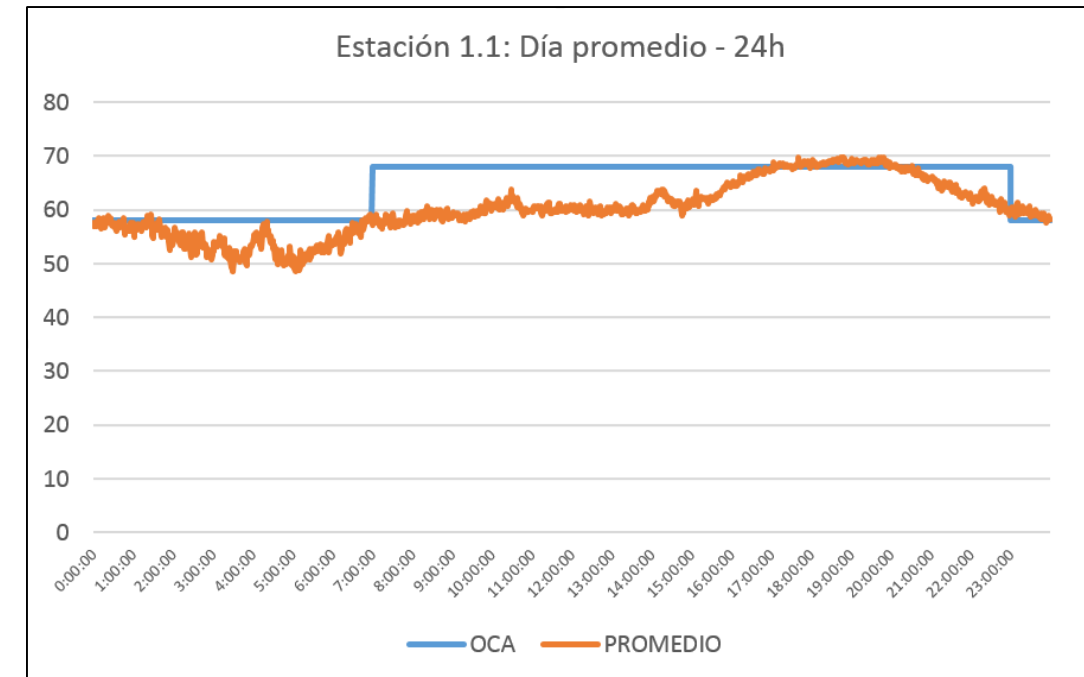


Imagen 36: Día Promedio (Tipo) Estación 1.1.

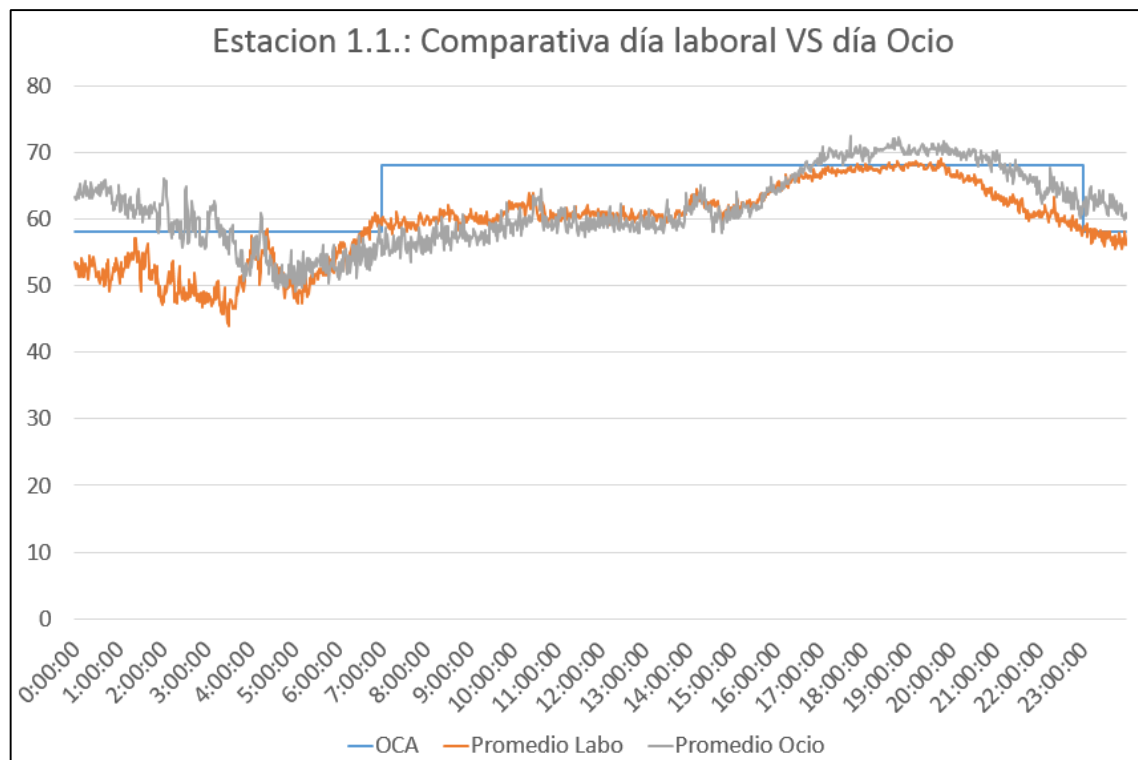


Imagen 35: Comparativa promedio día laboral - ocio Estación 1.1.

## 10.2.- MAPAS DE RUIDO.

### 10.2.1.- MAPAS DE ISÓFONAS

Se han elaborado mapas de niveles sonoros representando los indicadores establecidos por la legislación básica estatal, que se incluyen en el Anexo 5.

Los indicadores establecidos por la legislación son:

- $L_{\text{día}}$ , representando niveles de 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75 dBA
- $L_{\text{tarde}}$ , representando niveles de 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75 dBA
- $L_{\text{noche}}$ , representando niveles de 45-49, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70 dBA

Se ha utilizado como escala de representación la escala 1:1.500 adjuntándose en el anexo al presente documento.

A continuación se exponen dos ejemplos de los mapas de isófonas obtenidos para los indicadores  $L_{\text{día}}$  y  $L_{\text{noche}}$ .



Conforme a las instrucciones del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para la entrega de los datos asociados a los mapas estratégicos de ruido de la segunda fase (octubre 2011), se ha asignado un color a cada uno de los intervalos de niveles sonoros exigidos.

Lden, Ld, Le

Rango	Descripción	R	G	B
> 75	Rosa fuerte	255	0	255
70-75	Rojo	255	0	0
65-70	Naranja	255	128	0
60-65	Ocre	255	205	105
55-60	Amarillo	255	255	0
< 55	blanco			

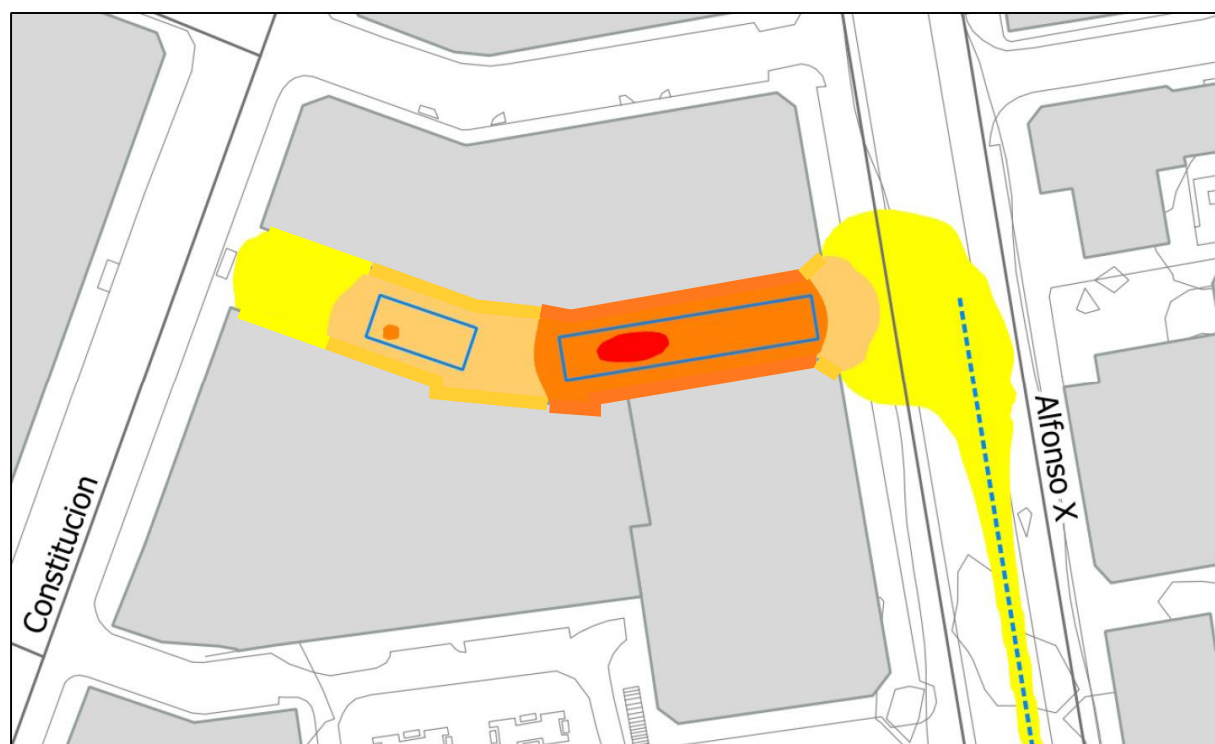
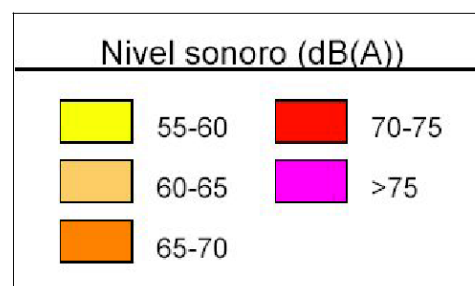


Imagen 37: Código RGB de colores e isófonas en zona Pérez Casas – Periodo Tarde

Ln

Rango	Descripción	R	G	B
>70	Rojo	255	0	0
65-70	Naranja	255	128	0
60-65	Ocre	255	205	105
55-60	Amarillo	255	255	0
50-55	Verde	100	200	0
< 50	blanco			

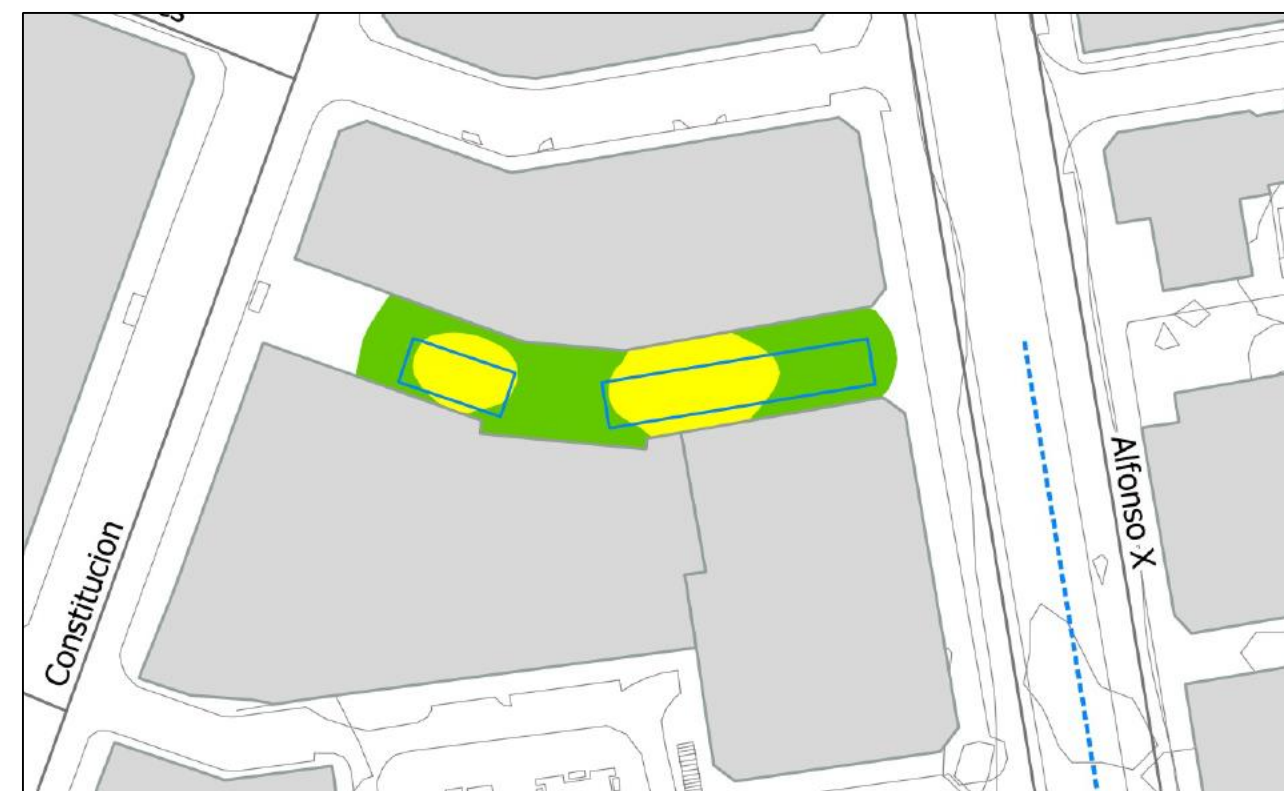
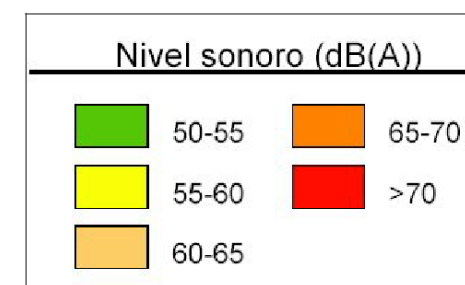


Imagen 38: Código RGB de colores e isófonas en zona Pérez Casas – Periodo Noche

#### 10.2.2.- MAPAS DE EXPOSICIÓN

Se ha procedido también a la elaboración de los mapas de exposición en fachada, los cuales indican el nivel de exposición sonora alcanzado en la fachada de los

edificios de la zona de estudio, y que utilizaremos como complemento para determinar las zonas donde se superan los objetivos de calidad acústica<sup>10</sup>.

A continuación se muestra la exposición en fachada asociada a las imágenes 37 y 38 (c/ Bartolomé Pérez Casas). El código de colores utilizado es el mismo que en los mapas de isófonas. Los planos de exposición en fachada para todo el estudio realizado se incluyen en Anexo 5.

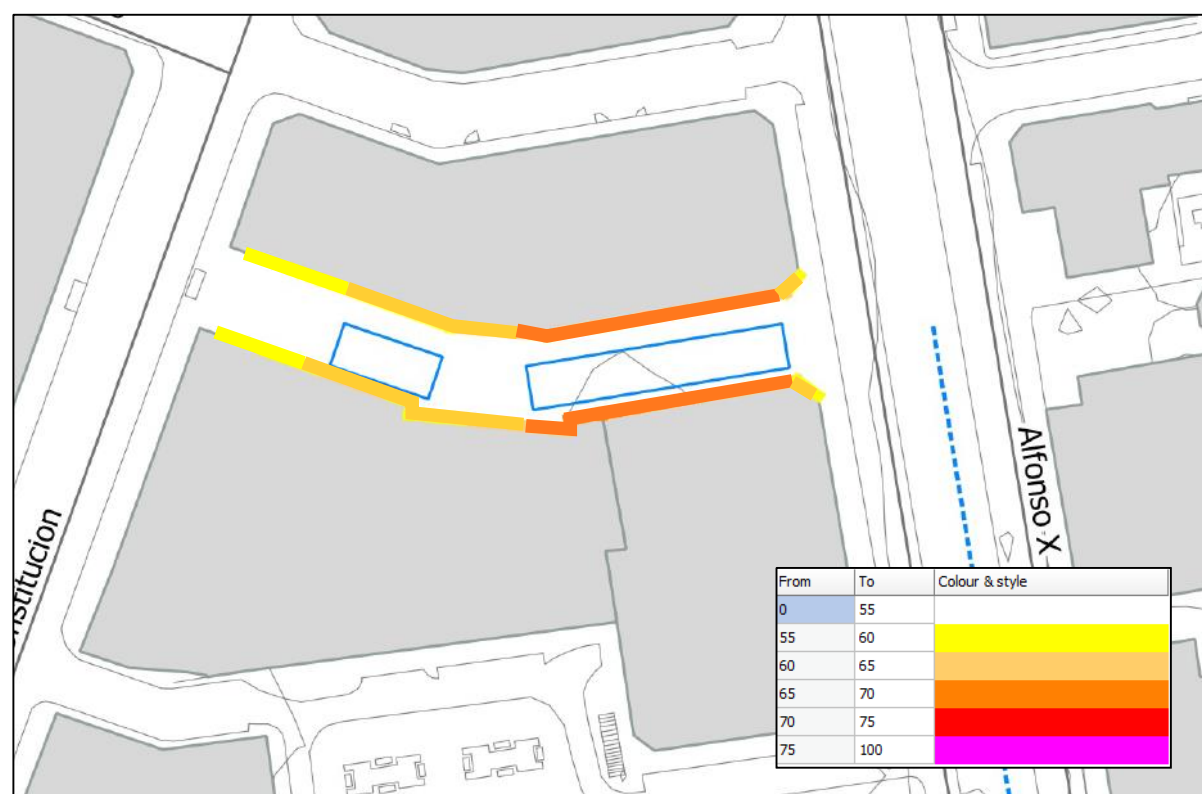


Imagen 39: Exposición en fachada en zona Pérez Casas – Periodo Tarde

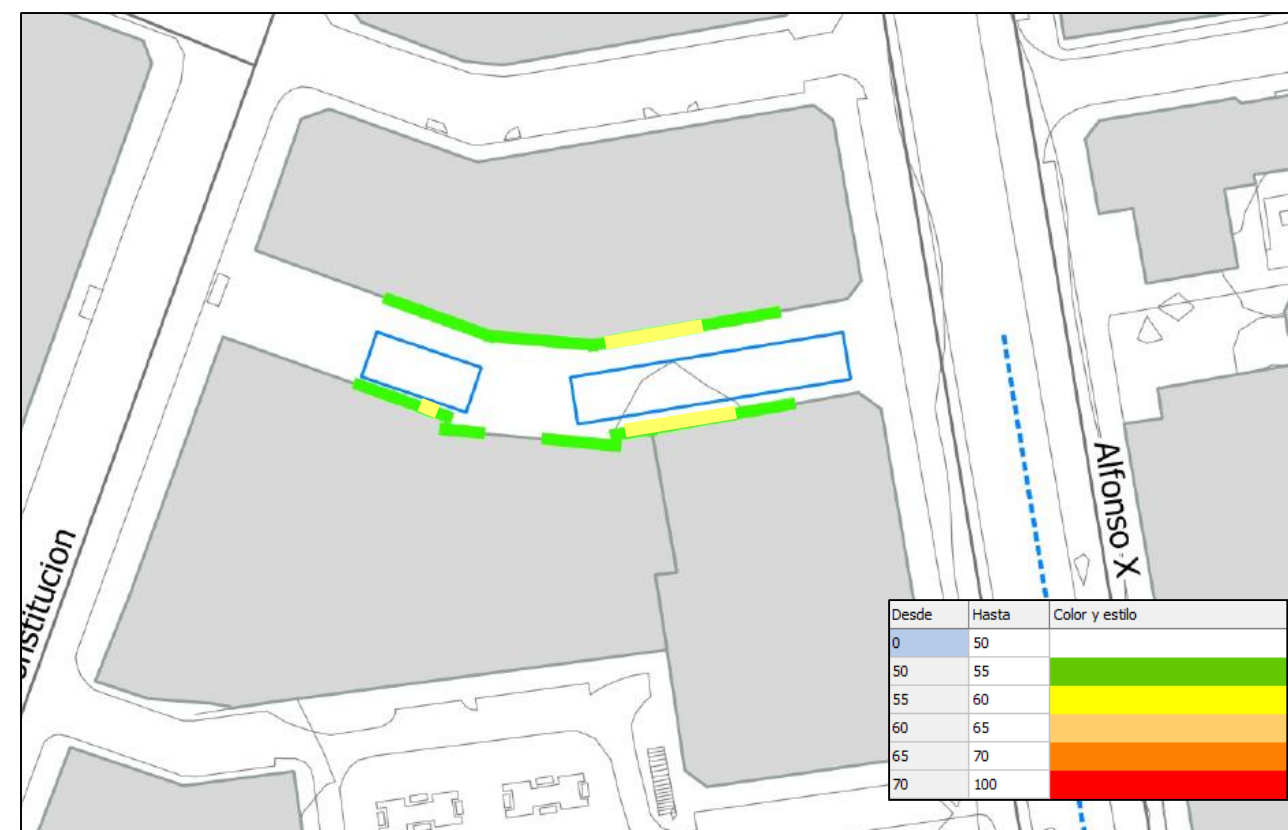


Imagen 40: Exposición en fachada en zona Pérez Casas – Periodo Noche

### 10.3.- POBLACIÓN AFECTADA

A continuación se muestran los resultados de la población afectada (en hab.) atendiendo a los métodos de cálculo descritos en el apartado 9.2, tomando como referencia la altura de 4m.

La base poblacional utilizada para el cálculo de la población afectada es la relativa a la distribución de población por barrios 2015/2016 obtenida del Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM).

<sup>10</sup> Los mapas de exposición se utilizarán para determinar el cumplimiento del artículo 15.a. del RD 1367/2007.

10.3.1.- ZONA 1. Pérez Casas – Alfonso X – Santa Ana.

L <sub>día</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	4.091	4.449
50 - 54 dBA	67	125
55 - 59 dBA	521	55
60 - 64 dBA	0	0
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	0	0

L <sub>tarde</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	4.014	4.467
50 - 54 dBA	144	75
55 - 59 dBA	0	82
60 - 64 dBA	165	50
65 - 69 dBA	356	5
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	356	5

L <sub>noche</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	4.158	4.640
50 - 54 dBA	426	37
55 - 59 dBA	95	2
60 - 64 dBA	0	0
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 55 dBA	95	2

10.3.2.- ZONA 3. Enrique Villar – San Ignacio de Loyola

L <sub>día</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	3.756	4.137
50 - 54 dBA	180	55
55 - 59 dBA	131	15
60 - 64 dBA	0	8
65 - 69 dBA	150	2
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	150	2

L <sub>tarde</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	3.618	3.941
50 - 54 dBA	128	105
55 - 59 dBA	177	135
60 - 64 dBA	144	19
65 - 69 dBA	0	12
70 - 74 dBA	150	6
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	150	18

L <sub>noche</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	3.756	4.117
50 - 54 dBA	311	93
55 - 59 dBA	150	7
60 - 64 dBA	0	0
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 55 dBA	150	7

10.3.3.- ZONA 4 – Plaza Universidad

L <sub>día</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	3.670	4.111
50 - 54 dBA	313	94
55 - 59 dBA	189	54
60 - 64 dBA	0	6
65 - 69 dBA	95	2
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	95	2

L <sub>tarde</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	3.789	4.085
50 - 54 dBA	289	131
55 - 59 dBA	0	44
60 - 64 dBA	189	7
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	0	0

L <sub>noche</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	3.962	4.154
50 - 54 dBA	116	89
55 - 59 dBA	0	19
60 - 64 dBA	189	5
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 55 dBA	189	24

10.3.4.- ZONA 5 – San Lorenzo – Santa Eulalia

L <sub>día</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	5.074	5.735
50 - 54 dBA	395	174
55 - 59 dBA	344	109
60 - 64 dBA	215	10
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	0	0

L <sub>tarde</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	4.289	5.308
50 - 54 dBA	250	304
55 - 59 dBA	534	266
60 - 64 dBA	547	124
65 - 69 dBA	358	24
70 - 74 dBA	50	2
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	408	26

L <sub>noche</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	4.788	5.659
50 - 54 dBA	354	265
55 - 59 dBA	651	96
60 - 64 dBA	235	8
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 55 dBA	886	104

10.3.5.- ZONA 7 – San Juan – Cristo del Rescate

L <sub>día</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	4.421	4.901
50 - 54 dBA	216	95
55 - 59 dBA	335	38
60 - 64 dBA	0	16
65 - 69 dBA	85	6
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	85	6

L <sub>tarde</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	4.390	4.813
50 - 54 dBA	157	186
55 - 59 dBA	357	54
60 - 64 dBA	152	3
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	0	0

L <sub>noche</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	4.601	5.023
50 - 54 dBA	455	33
55 - 59 dBA	0	0
60 - 64 dBA	0	0
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 55 dBA	0	0

10.3.6.- ZONA 12 – Pza. Flores – Santa Catalina

L <sub>día</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	4.594	4.868
50 - 54 dBA	104	93
55 - 59 dBA	292	79
60 - 64 dBA	60	10
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	0	0

L <sub>tarde</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	4.498	4.776
50 - 54 dBA	154	115
55 - 59 dBA	127	115
60 - 64 dBA	189	42
65 - 69 dBA	78	2
70 - 74 dBA	4	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	82	2

L <sub>noche</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	4.700	4.967
50 - 54 dBA	242	77
55 - 59 dBA	108	6
60 - 64 dBA	0	0
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 55 dBA	108	6



10.3.7.- POBLACIÓN AFECTADA TOTAL

L <sub>día</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	25.846	28.261
50 - 54 dBA	1.030	612
55 - 59 dBA	1.811	356
60 - 64 dBA	275	52
65 - 69 dBA	330	11
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	330	11

L <sub>tarde</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	24.696	27.410
50 - 54 dBA	1.019	883
55 - 59 dBA	1.100	701
60 - 64 dBA	1.481	247
65 - 69 dBA	792	43
70 - 74 dBA	204	8
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 65 dBA	993	51

L <sub>noche</sub>		
RANGO	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
< 50 dBA	25.785	28.521
50 - 54 dBA	2.079	626
55 - 59 dBA	1.004	132
60 - 64 dBA	424	13
65 - 69 dBA	0	0
70 - 74 dBA	0	0
> 75 dBA	0	0

	Método END	Método CNOSSOS
	Población	Población
Niveles acústicos > 55 dBA	1.428	145

#### 10.4.- CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA

De acuerdo con lo establecido en el artículo 15 del Real Decreto 1367/2007, para el cumplimiento de los Valores Objetivo de Calidad Acústica (VOCA) aplicables a áreas acústicas debe cumplirse que, en el periodo de 1 año:

- a) Ningún valor supera los valores fijados en la correspondiente tabla A, del anexo II.
- b) El 97 % de todos los valores diarios no superan en 3 dB los valores fijados en la correspondiente tabla A, del anexo II.

Entendiéndose por "valores diarios", los valores de los índices  $L_d$ ,  $L_e$  y  $L_n$  obtenidos para cada uno de los periodos día, tarde y noche en el muestreo realizado.

A efectos de aplicación al Mapa de Ruido de Ocio, en la siguiente tabla se muestran los casos de cumplimiento para cada uno de los supuestos de dicho artículo, aplicados al tipo de área acústica residencial predominante en la zona de estudio:

	PREDOMINIO DE SUELO DE USO RESIDENCIAL		
	DÍA	TARDE	NOCHE
Artículo 15 A	$L_d < 65\text{dB}$	$L_e < 65\text{dB}$	$L_n < 55\text{dB}$
Artículo 15 B	el 97% de los valores de $L_d \leq 68\text{ dB}$	el 97% de los valores de $L_e \leq 68\text{ dB}$	el 97% de los valores de $L_n \leq 58\text{ dB}$

Tabla 11: Valores límite para la evaluación del cumplimiento de VOCA de acuerdo con aplicación del artículo 15 del RD 1367/2007 en zonas residenciales.

#### 10.4.1.- CUMPLIMIENTO DEL APARTADO A) DEL ARTÍCULO 15

Una vez obtenidos los mapas de niveles acústicos, y teniendo en cuenta el uso predominante residencial, se determinan las zonas donde la fachada se ve afectada por isófonas que superan los valores objetivo de calidad acústica para así poder definir puntos y zonas de actuación donde reducir los niveles sonoros.

En la siguiente imagen se observan las fachadas donde se incumplen los objetivos de calidad acústica para el periodo noche ( $L_n > 55\text{dB}$ ) en la zona de San Lorenzo:

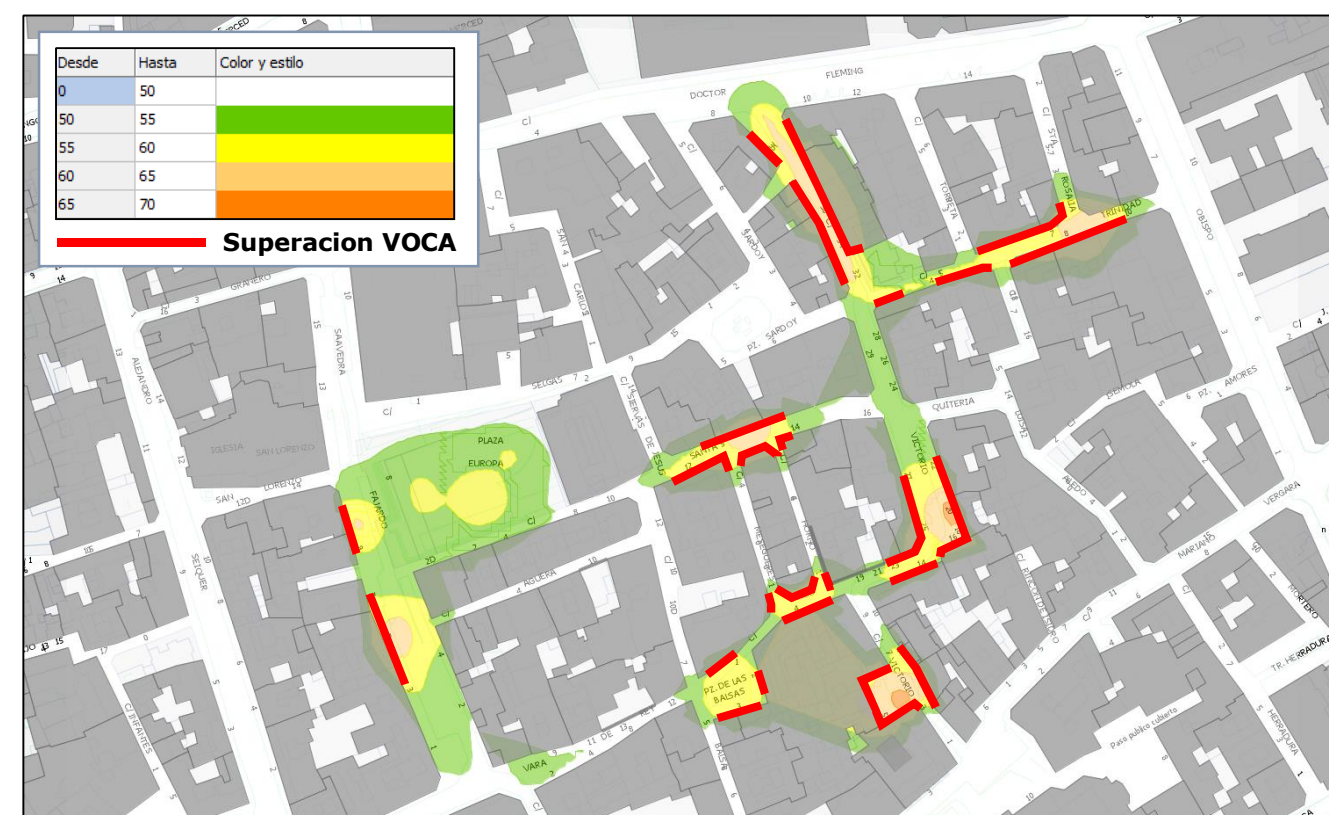


Imagen 41: Fachadas con superaciones de V.O.C.A. Zona San Lorenzo. Periodo noche.

#### 10.4.2.- CUMPLIMIENTO DEL APARTADO B) DEL ARTÍCULO 15

A continuación se muestra el % de superación para cada periodo de referencia en todas las estaciones de monitorización en continuo, marcándose en rojo aquellos valores que incumplen el apartado b del artículo 15:

Estación	Ubicación	Ldía	Ltarde	Lnoche
1.1	Bartolomé Pérez Casas	0,00%	36,00%	11,11%
1.2	Alfonso X	0,00%	0,00%	0,00%
3.1	San Ignacio de Loyola	0,00%	0,00%	42,50%
3.3	Enrique Villar	0,00%	0,00%	37,93%
4.1	Jacobo de Las Leyes	0,00%	0,00%	7,14%
4.2	Plaza Universidad	0,00%	7,14%	50,00%
4.3	Paseo Menéndez Pelayo	0,00%	23,81%	33,33%
5.1	Beato Andrés Hibernón	0,00%	55,00%	36,36%
5.2	Victorio	0,00%	6,67%	10,26%
5.3	Trinidad	0,00%	5,88%	55,00%
5.4	Victorio	0,00%	3,85%	11,54%
5.5	Plaza Balsas	0,00%	0,00%	3,45%
5.6	Saavedra Fajardo	0,00%	0,00%	5,88%
5.7	Santa Quiteria	0,00%	15,15%	0,00%
7.1	Simón García	0,00%	15,38%	0,00%
7.2	Plaza San Juan	0,00%	0,00%	0,00%
12.1	Gavacha	0,00%	0,00%	0,00%
12.2	Plaza Santa Catalina	0,00%	0,00%	0,00%
12.3	Plaza Las Flores	0,00%	0,00%	0,00%
13.1	Puerta nueva	0,00%	39,29%	58,06%

Tabla 12: Evaluación del cumplimiento de VOCA en las estaciones de monitorización en continuo, de acuerdo con aplicación del artículo 15b del RD 1367/2007.

Atendiendo a los resultados que aparecen en la tabla:

- Durante el periodo día no existen superaciones de los OCA en ninguna de las estaciones.
- Durante el periodo tarde existe superación de los OCA en el 50% de las estaciones.
- Durante el periodo noche existe superación de los OCA en el 65% de las estaciones.

<sup>11</sup> El tratamiento de datos supuso, por tener que referir a días completos y concretos los periodos estudiados, que los periodos nocturnos comprendiesen de 00:00 – 07:00 y de 23:00 – 00:00 de un mismo día. Comenzar la

Se han excluido del recuento los periodos que, por inicio de funcionamiento o retirada de la estación, no correspondían a periodos completos (p.e., el periodo nocturno del primer día de funcionamiento de las estaciones 12.1 y 12.2, sólo incluía el rango horario de 23:00 a 00:00<sup>11</sup>, por lo que se desestiman los valores correspondientes a ese día a efectos de evaluar el artículo 15b.

Por otro lado, la estación 13.1 recoge únicamente los valores de monitorización sin segregar tráfico y limpieza viaria, dado que corresponde a una ubicación no incluida inicialmente en el plan de trabajos<sup>12</sup>, y en la que la influencia del ruido de tráfico es importante por lo que los resultados no son concluyentes.

En el Anexo A.3 de seguimiento de estaciones de monitorización en continuo, se encuentran todas las tablas que justifican estos resultados.

medición a las 23:00 horas, deja sesgado el promedio nocturno de ese día, por lo que el dato no se considera válido.

<sup>12</sup> Dicha zona no estaba incluida en el ámbito de estudio inicial.

## 11.- CONCLUSIONES

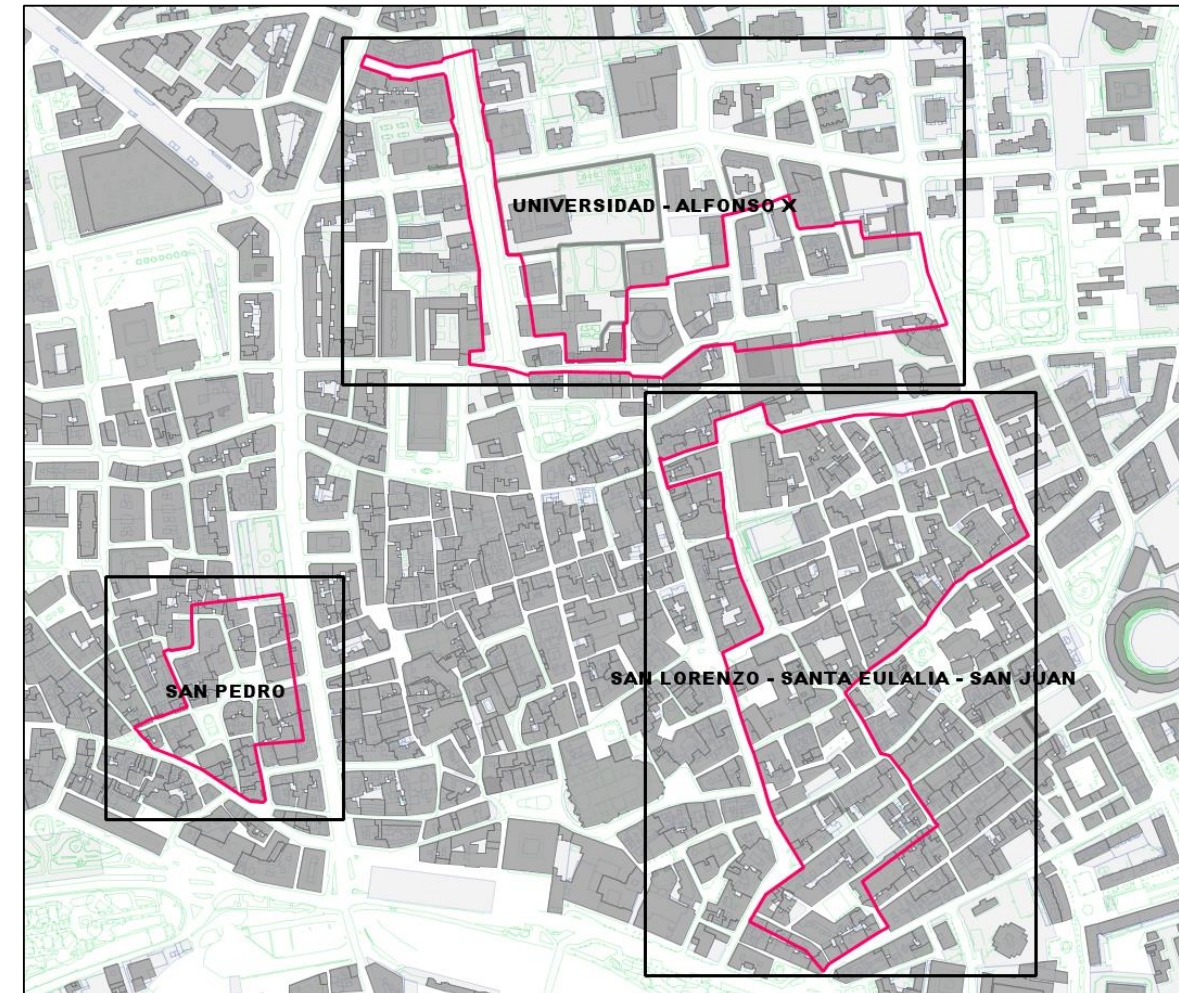
De acuerdo a las prescripciones establecidas en el contrato y en el pliego de condiciones técnicas, se han cumplido todas las actividades a realizar siendo éstas:

- Concreción de 20 puntos de monitorización en continuo
- Instalación de los equipos de monitorización acústica de tipo/clase 1.
- Determinación de los puntos de medida itinerantes
- Realización de 3.600 medidas itinerantes con sonómetros tipo /clase 1.
- Recogida de los datos
- Análisis y tratamiento de los datos en continuo e itinerantes.
- Modelización y elaboración de los Mapas de Ruido de Ocio (MRO)
- Elaboración y entrega de la memoria global de los resultados, visor SIG<sup>13</sup> y documentación cartográfica.

A raíz del análisis, tratamiento de los datos y la elaboración de los MRO se observan incumplimientos de los objetivos de calidad acústica en el periodo vespertino y nocturno principalmente, de acuerdo con lo establecido en el artículo 15 del R.D. 1367/2007 tanto en los registros de los datos de monitorización como en el cartografiado de ruido.

Atendiendo a los resultados y a lo establecido en el artículo 66 de la Ordenanza de Protección del Medio Ambiente contra la Emisión de Ruidos y Vibraciones del Ayuntamiento de Murcia así como en la normativa estatal, en aquellas áreas donde se incumplan los objetivos aplicables de calidad acústica deberán ser consideradas Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAE).

Tras todo el trabajo de campo realizado y los resultados arrojados tanto por los modelos acústicos como por las estaciones de monitorización, se propone la siguiente delimitación de Zonas de Protección Acústica Especial (ZPAEs):



*Imagen 42: Propuesta de delimitación de Zonas de Protección Acústica Especial en municipio de Murcia.*

La propuesta de declaración de ZPAE deberá ir acompañada, entre otros contenidos (Art. 67), de un Plan Zonal Específico que tendrá como objetivos la reducción progresiva de los niveles sonoros en la zona con el fin de alcanzar los objetivos de calidad acústica que les sean de aplicación (Art. 68).

<sup>13</sup> El Visor SIG está en la actualidad pendiente de instalación en página web del Servicio de Medio Ambiente

## ANEXOS

### A.1. POTENCIA ACÚSTICA DE LAS FUENTES

### A.2. CALIBRACIÓN DE LOS MODELOS

### A.3. ESTACIONES DE MONITORIZACIÓN

### A.4. MEDIDAS DE CORTA DURACIÓN

### A.5. PLANOS

#### A.5.1. ÁREA ESTUDIO

#### A.5.2. LOCALIZACIÓN DE FUENTES SUPERFICIALES

#### A.5.3. LOCALIZACIÓN DE FUENTES LINEALES

#### A.5.4. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE MONITORIZACIÓN

#### A.5.5. MAPAS DE NIVELES ACÚSTICOS

#### A.5.6. MAPAS DE EXPOSICIÓN EN FACHADA

### A.6. CERTIFICADOS EQUIPOS

Murcia, a 25 de septiembre de 2.017

SINCOSUR Ingeniería Sostenible, S.L.

EL INGENIERO ACÚSTICO  
Fdo: Fernando López Santos

LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES,  
MÁSTER EN INGENIERIA ACÚSTICA Y MÁSTER  
EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA  
Fdo: Isabel Giménez Anaya

EXCMO. AYUNTAMIENTO DE MURCIA

JEFE DEL SERVICIO DE MEDIO AMBIENTE  
Fdo: Francisco Carpe Ristol

JEFE DE CALIDAD AMBIENTAL Sº DE MEDIO  
AMBIENTE  
Fdo: Fuensanta Vizuete Cano

JEFE DE ADMINISTRACIÓN DE MEDIO  
AMBIENTE  
Fdo: Mª Carmen Hernández González

TÉCNICO SUPERIOR SERVICIO DE MEDIO  
AMBIENTE  
Fdo: Juan Manuel Martínez Martínez